7.29.08

BIOLOGISCHE

UNTERSUCHUNGEN

VON

PROF. D:R GUSTAF RETZIUS

NEUE FOLGE

III.

MIT 23 TAFELN

INHALT.

Seite.

1. Das Nervensystem der Lumbricinen. Tafel I—VI 1
2. Die nervösen Elemente der Kleinhirnrinde. Tafel VII—IX 17
3. Die Endigungsweise des Riechnerven. Tafel X 25
4. Die Endigungsweise des Gehörnerven. Tafel XI und XII 29
5. Die sensiblen Nervenendigungen in der Haut des Petromyzon. Tafel XIII 37
6. Zur Kenntniss der motorischen Nervenendigungen. Tafel XIV—XX 41
7. Zur Kenntniss der Nerven der Milz und der Niere. Tafel XXI 53
8. Ueber den Typus der Sympathischen Ganglienzellen der höheren Thiere 57
9. Ueber die Anfänge der Drüsengänge und die Nervenendigungen in den Speicheldrüsen des Mundes. Tafel XXII 59
10. Ueber die Gallenkapillaren und den Drüsenbau der Leber. Tafel XXIII 65

STOCKHOLM

STOCKHOLM
SAMSON & WALLIN

GEDRUCKT IN DER
CENTRAL-DRUCKEREI
1892

LEIPZIG
F. C. W. VOGEL

Erschienen am 24. Mai.

To the Smithsonian Institution

from the Author

Stockholm 15-2-08.

BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

NEUE FOLGE

III.

UNTERSUCHUNGEN

BIOLOGISCHE

QH
9
R44
1890
N.3
N11

BIOLOGISCHE

UNTERSUCHUNGEN

VON

PROF. D:R GUSTAF RETZIUS

NEUE FOLGE

III.

MIT 23 TAFELN.

STOCKHOLM

STOCKHOLM
SAMSON & WALLIN

GEDRUCKT IN DER
CENTRAL-DRUCKEREI
1892.

LEIPZIG
F. C. W. VOGEL

SMITHSONIAN
LIBRARIES

SVEN LOVÉN

IN VEREHRUNG

GEWIDMET

Smithsonian Institution
JUL 30 1908
202553
National Museum.

Zool. Lab.

VORWORT.

In dem vorliegenden Bande sind hauptsächlich die Ergebnisse von Untersuchungen veröffentlicht, welche mit der Golgi'schen Färbungsmethode ausgeführt wurden.

Da ich seit mehreren Jahren hin und wieder an verschiedenen Organen und verschiedenen Thieren mit dieser Methode arbeitete, habe ich in manchen Beziehungen die wundervollen Entdeckungen von Golgi, Ramón y Cajal, von Kölliker, Van Gehuchten und von Lenhossék bestätigen können.

Andere Arbeiten, v. A. mit der Ehrlich'schen Methode, haben mich jedoch bisher wesentlich gehindert, die Ergebnisse dieser meiner Studien zu veröffentlichen. Da ich aber bis in die letzte Zeit hinein erfahren habe, dass von hervorragenden Biologen Zweifel an der Richtigkeit der fraglichen Errungenschaften mittelst der Golgi'schen Methode gehegt werden, so habe ich es als angemessen angesehen, auch einige meiner Befunde mitzutheilen.

Es war zuerst meine Absicht, schon diesmal sowohl die Grosshirnrinde als die Kleinhirnrinde, das Rückenmark und einige Sinnesorgane zu behandeln. Ich habe mich indessen in dieser Beziehung bei der Ausarbeitung veranlasst gefunden, mich jetzt auf das Kleinhirn und das Riechorgan zu beschränken, füge aber u. A. noch eine Untersuchung eines in der letzten Zeit wenig behandelten Gegenstandes, nämlich der Endigungsweise des Gehörnerven, bei.

Die schönen Ergebnisse, welche von Lenhossék auf dem Gebiete der sensiblen Nerven des Regenwurms erhalten hat, haben mich ferner veranlasst, das von mir im vorigen Bande dieses Werkes behandelte Nervensystem der Würmer schon jetzt wieder zur Erforschung aufzunehmen. Ausserdem füge ich noch einige Mittheilungen über die Nerven der Haut des Petromyzon, die Nerven der Milz und der Niere, ebenso einige Beiträge zur Kenntniss der motorischen Nervenendigungen bei, welche letzteren ich grösstentheils schon vor mehreren Jahren und dann hin und wieder gelegentlich untersuchte.

Endlich theile ich hier einige Beiträge zur Kenntniss der Anfänge der Drüsengänge in den Speicheldrüsen und der Leber mit.

Für die Abbildungen habe ich diesmal in grösserem Masstabe die autotypische Wiedergabe der Originalzeichnungen benutzt, v. A. um eine ganz genaue Uebereinstimmung mit denselben zu erreichen; ich muss indessen bemerken, dass besonders die feinsten Striche und Fasern, z. B. die sensiblen Nervenfasern und die feinsten Verzweigungen der protoplasmatischen Fortsätze der Ganglienzellen im Nervensystem des Lumbricus etwas zu stark ausgefallen sind.

Stockholm im April 1892.

Gustaf Retzius.

INHALT.

Seite.

1. Das Nervensystem der Lumbricinen. Tafel I—VI 1
2. Die nervösen Elemente der Kleinhirnrinde. Tafel VII—IX 17
3. Die Endigungsweise des Riechnerven. Tafel X 25
4. Die Endigungsweise des Gehörnerven. Tafel XI und XII 29
5. Die sensiblen Nervenendigungen in der Haut des Petromyzon. Tafel XIII 37
6. Zur Kenntniss der motorischen Nervenendigungen. Tafel XIV—XX 41
7. Zur Kenntniss der Nerven der Milz und der Niere. Tafel XXI 53
8. Ueber den Typus der sympathischen Ganglienzellen der höheren Thiere 57
9. Ueber die Anfänge der Drüsengänge und die Nervenendigungen in den Speicheldrüsen des Mundes. Tafel XXII 59
10. Ueber die Gallenkapillaren und den Drüsenbau der Leber. Tafel XXIII 65

1.

Das Nervensystem der Lumbricinen.

Taf. I—VI.

In meiner Arbeit über das centrale Nervensystem der Würmer[1] habe ich dasjenige der *Oligochäten* nur kurz besprochen, weil die Bilder, welche ich mit der *Ehrlich'schen Methylenmethode* bei diesen Thieren erhielt, nicht besonders erläuternd waren und übrigens mit den bei anderen Annulaten erhaltenen Ergebnissen principiel übereinstimmten, so dass mir eine nähere Darstellung als überflüssig erschien. Die von M. von Lenhossék[2] auf dem Anatomencongresse in München vorgezeigten, mit der *Golgi'schen Chromsilbermethode* gewonnenen Präparate von Lumbricus (Querschnitte aus dem Bauchstrange) ebenso wie eigene, nach derselben Methode verfertigten Präparate von diesem Thiere waren hauptsächlich nur dazu geeignet, die durch die Methylenmethode erhaltenen Ergebnisse zu bestätigen, hatten aber bis dahin keine neuen Befunde geliefert.

Nun erschien aber im vorigen Herbste, während des Druckes meiner oben erwähnten Arbeit, eine vorläufige Mittheilung von Lenhosséks[3], in welcher neue wichtige Aufschlüsse über das Verhalten der *sensibeln Nerven des Regenwurms* angekündigt wurden. Nachdem einige Zeit nachher die ausführliche Abhandlung von Lenhosséks[4] über dasselbe Thema erschienen war, entschloss ich mich, die Untersuchungen über das Nervensystem der Würmer schon jetzt fortzusetzen, um so viel mehr als ich auch bei anderen Annulaten im Bauchstrange Nervenfasern gesehen hatte, welche den Lenhossék'schen sensibeln Fasern ähnlich waren, die ich aber bisher nicht richtig zu deuten vermocht hatte. Im Winter konnte ich aber hier nicht andere Würmer bekommen als gerade Lumbricinen. Deshalb behandelt die vorliegende Abhandlung nur diese Thiere. Es ist mir aber ein grosses Vergnügen, schon von vornherein erklären zu können, dass ich die schönen und weittragenden v. Lenhossék'schen Befunde in allem Wesentlichen bestätigen kann. Durch dieselben ist gewiss in der Kenntniss des Nervensystems der Evertebraten und damit auch in Betreff des Nervensystems im Ganzen ein sehr wichtiger Fortschritt geschehen. Der Regenwurm ist auch in dieser Beziehung ein klassisches Object geworden, welches wahrscheinlich der Gegenstand noch mancher Untersuchungen sein wird; und die Golgi'sche Methode, meines Wissens zur Erforschung des Nervensystems der Evertebraten zuerst von Fridtjof Nansen angewandt, wird in Folge von M. von Lenhossék's Errungenschaften auch bei diesen Thieren hoffentlich zu Entdeckungen führen, welche den bei den Vertebraten gemachten nicht viel nachstehen werden.

Das Nervensystem des Lumbricus ist schon seit langer Zeit und von vielen Forschern untersucht und in seinen gröberen Verhältnissen, besonders seit Leydig's und Claparède's grundlegenden Arbeiten, eingehender beschrieben worden.

Was die feineren Structurverhältnisse betrifft, so haben schon Leydig, Claparède, Faivre u. A. das geleistet, was mit den damaligen Methoden zu leisten war. Man beschrieb die Vertheilung der Nervenzellen und Nerven-

[1] Gustaf Retzius, Zur Kenntniss des centralen Nervensystems der Würmer. Biologische Untersuchungen, Neue Folge II, Stockholm, 1891, 1.

[2] M. von Lenhossék, Demonstrationen in Verhandlungen der Anatomischen Gesellschaft, 5. Versamml. in München 18—20 Mai 1891. Jena, 1891. (Ergänzungsheft zum 6:ten Jahrg. d. Anatomischen Anzeigers, 1891.)

[3] M. von Lenhossék, Die sensibeln Nerven des Regenwurms. (Vorläuf. Mittheilung, dat. Basel, im October 1891.)

[4] M. von Lenhossék, Ursprung, Verlauf und Endigung der sensibeln Nervenfasern bei Lumbricus. Archiv f. mikroskop. Anatomie Bd. 39, 1892

fasern in den Ganglien, ebenso ihre Hüllen und das interstitielle Gewebe. Einige Forscher (Clarke u. A.) meinten auch die Verfolgung des Ursprungs und der Verlaufsweise der Nervenfasern eingehend angeben zu können. Wie aber der genaue Claparède bemerkt, war es mit den damaligen Methoden nicht gerne möglich, die feinen Fäserchen im Wirrwarr der anderen zu verfolgen; Clarke's betreffendem Bericht gegenüber konnte Claparède sich »deshalb nur sehr misstrauisch verhalten».

Erst durch die neuesten Färbungsmethoden, die Ehrlich'sche und die Golgi'sche, wurde es möglich, die verwickelten Bahnen der Zellenausläufer, resp. der Nervenfasern zu verfolgen. Nansen, welcher bei seinen umfassenden Untersuchungen über das Nervensystem der niederen Thiere auch die Verhältnisse bei Lumbricus agricola zu eruiren suchte, sagt, dass er in Betreff der Nervenfortsätze der Ganglienzellen dieselben zwei Typen wahrgenommen habe wie bei Homarus, nämlich 1) solche Fortsätze, welche ihre Individualität behalten und direkt zu Nervenröhren (entweder zu denen eines peripherischen Nerven oder auch zu longitudinal im Bauchstrang verlaufenden) werden, welche aber Seitenzweige an die Punktsubstanz abgeben; 2) nervöse Fortsätze, welche ihre Individualität verlieren und durch weitere Theilungen in feine Röhren übergehen, die sich in der Punktsubstanz verlieren. »In Betreff der longitudinalen Nervenröhren der Punktsubstanz», sagt er, »und des doppelten Ursprungs der peripheren Nervenröhren habe ich Verhältnisse beobachtet, welche den bei Homarus dargelegten sehr ähneln, meine Beobachtungen sind aber eher unvollkommen, da ich eine solche Färbung wie bei Homarus nicht bekommen habe.» Er giebt indessen hier nicht deutlich an, welche Färbung er hauptsächlich meint. Vielleicht ist es gerade die Golgi'sche Methode, welche er bei Wirbellosen und bei Myxine vielfach angewandt hatte; gerade bei Homarus hatte er mit derselben erläuternde Präparate erhalten.

Es ist nun von grosser Bedeutung, dass von Lenhossék im Lumbricus ein für die Golgi'sche Methode ausserordentlich geeignetes Object entdeckte. Zwar betrafen die von ihm im vorigen Frühjahr auf dem Congresse in München vorgezeigten Präparate die Ganglienzellen des Bauchstrangs und den Verlauf ihrer Fortsätze. Die Präparate waren, obwohl sie wesentlich nur eine Bestätigung der kurz vorher durch die Ehrlich'sche Methode gewonnenen Ergebnisse erbrachten, von grossem Interesse, um so viel mehr als sie die Brauchbarkeit der Golgi'schen Methode zur Erforschung des Nervensystems wirbelloser Thiere zur Evidenz darlegten. Ich führe in Folge der Bedeutung dieser Demonstration aus den Verhandlungen der Anatom. Gesellschaft[1] hier wörtlich an, was darüber mitgetheilt worden ist. »Herr M. von Lenhossék demonstrirt eine Reihe von Präparaten des Nervensystems, nach Golgi's rascher Methode hergestellt, und zwar: — — — — — — — 6) Querschnitte aus dem Bauchstrange des Regenwurms (Lumbricus rubellus). Die drei 'Kolossalfasern' sind der Imprägnation stets unzugänglich, stellen also offenbar keine Nervenfasern dar, was übrigens schon aus ihrer ausserordentlich dicken, nirgends eröffneten Hülle, dem totalen Mangel von Seitenästen und der Chorda-artigen, längs des ganzen Markes überall gleich dicken Beschaffenheit derselben hervorgeht. Die intensiv geschwärzten, grossen Nervenzellen (s. beistehende Figur) sind zumeist birnförmig, unipolar, der dicke Fortsatz tritt in die Dendritenzone ('centrale Punktsubstanz') ein, verlässt dieselbe aber nach kürzerem oder längerem Verlaufe wieder, indem er durch eine der Nervenwurzeln nach der Peripherie läuft; bei den unmittelbar neben der Mittellinie gelegenen Zellen erfolgt der Austritt des Fortsatzes stets durch eine Wurzel der anderen Seite; die Faser passirt bogenförmig die Mittellinie. Während des Verlaufes durch die Dendritenzone giebt der Ausläufer eine Anzahl zarter, verästelter, zumeist glatter, mit den Endspitzen frei auslaufender Nebenästchen (Dendriten) ab, die sich mit den analogen Zweigen anderer Zellen zu einem dichten Gewirr (centrale Punktsubstanz) verflechten. Im proximalen Theil eines jeden Ganglions findet sich je eine einzige grosse, median gelagerte, multipolare, ihre zahlreichen Ausläufer nach allen Richtungen aussendende Zelle. In allen Nervenwurzeln finden sich starke und zarte Fasern untermischt. Letztere stellen vielleicht die sensiblen Elemente dar; an Längsschnitten findet man, dass sie rechtwinklig, nach Art der Kollateralen aus Longitudinalfasern der Dendritenzone hervorgehen, und zwar scheint eine Längsfaser deren 2 oder 3 an die nach einander folgenden Wurzeln abgeben zu können.» Die Figur eines Querschnitts mit einer Nervenzelle ist beigefügt.

In der im Herbste darauf folgenden vorläufigen Mittheilung über »Die sensibeln Nerven des Regenwurms»[2] kündigt von Lenhossék an, dass er in der Epidermis (Hypodermis) des Körpers, eingeschaltet zwischen deren anderweitige Elemente (Stützzellen und Schleimzellen), eine grosse Menge zumeist spindelförmiger, schmaler Nervenzellen, die

[1] s. o.
[2] s. o.

sich über die ganze Oberfläche des Körpers vertheilen, gefunden hat. »Sie entbehren am cuticularen Pol eines Stiftchens oder Sinneshaares und zerfasern sich am unteren Ende in eine Anzahl zarter, frei endigender Dendriten, die sich an der unteren Epithelgrenze horizontal ausbreiten und mit solchen benachbarter Zellen zu einem dickten Gitter verfilzen.» »Die Nervenfortsätze dieser Zellen stellen die sensibeln Fasern des Körpers dar. Sie entströmen massenhaft der Innenfläche der Epidermis, durchsetzen in Bündelchen geordnet senkrecht die Ringmuskulatur, lenken an deren innerer Grenze in die cirkuläre Richtung ein und streben bogenförmig nach den Nervenwurzeln hin. Von der Haut bis zum Mark sind sie von gleicher Dicke und ungetheilt. Alle Fasern, die aus der Epidermis je eines Segmentes entspringen, treten in das entsprechende Ganglion ein. Ihr Verlauf wird von strenger bilateraler Symmetrie beherrscht.» »Die meisten sensibeln Fasern bedienen sich zum Eintritt in das Mark der proximalen Wurzel der Doppelnerven. Im Marke angelangt senken sie sich in die von den Nervenzellen umfasste Dendritenzone ('centrale Punktsubstanz') ein, in der sie sich sofort genau in derselben Weise wie dies von den Wirbelthieren bekannt ist, stets noch diesseits der Mittellinie, Y-förmig in einen auf- und absteigenden Ast theilen. Die Aeste sind sehr zart, von gleicher Stärke, schlagen eine streng longitudinale Richtung ein, überschreiten nie die Mittellinie und endigen, ohne sich weiter zu theilen oder während ihres Verlaufes Nebenäste abzugeben, im nächstfolgenden Ganglion mit freier Spitze. Der centrale Verlauf einer jeden sensibeln Faser umfasst also drei Ganglien, dasjenige, in das sie von aussen her eintritt und das proximal und distal daran grenzende.» von Lenhossék lenkt darauf die Aufmerksamkeit auf die Analogie sowie auf die Unterschiede zwischen den fraglichen Verhältnissen bei Lumbricus und denjenigen der Wirbelthiere.

In der folgenden ausführlichen Abhandlung über »Ursprung, Verlauf und Endigung der sensibeln Nervenfasern bei Lumbricus»[1] beschreibt von Lenhossék in Verbindung mit guten Abbildungen die von ihm also entdeckten, so ausserordentlich interessanten Verhältnisse. Er beschreibt sie hier der Hauptsache nach fast genau wie in der vorläufigen Mittheilung. Er giebt aber diesmal zuerst eine eingehendere histologische Analyse der Haut des Regenwurms. Am Aufbau der Epidermis (Hypodermis autorum) betheiligen sich drei Arten von Zellen: *Stützzellen, Schleimzellen* und *Nervenzellen.* Die *Stützzellen* sind säulenförmige, von oben bis unten gleich breite Elemente, die auf der Cuticular- wie Basalseite wie abgeschnitten endigen. Sie erscheinen von verschiedenem Durchmesser, gewöhnlich nicht besonders schlank. Der elliptische Kern liegt in der Regel etwa in der Mitte der Höhe; die Zellen imprägniren sich leicht; die Ränder erscheinen dabei oft unregelmässig; am basalen Ende lassen sich häufig zarte seitliche Aeste nachweisen. Allmähliche Uebergänge der Form und Ausdehnung leiten zu den *Schleimzellen* über. Der Grad der Ausdehnung dieser zweiten Zellenart ist verschieden, weshalb ihre Form wechselt; ebenso der Inhalt. Es ist übrigens unmöglich, eine bestimmte Grenze zwischen Schleimzellen und Stützzellen zu ziehen, und man gelangt zu der Ueberzeugung, dass dieselben im Grunde genommen einer Sorte entsprechen und nur in verschiedenen Phasen ihrer secretorischen Thätigkeit sich befinden. Die Schleimzellen werden auch durch das Chromsilber geschwärzt, besonders der basale, protoplasmatische Abschnitt, welcher stets einen breiten, horizontalen Abschluss erkennen lässt; vom oberen (äusseren) Ende der Zelle steigt durch die Cuticula ein Porenkanälchen empor. Die dritte Zellenart, die von von Lenhossék entdeckten »*Nervenzellen*», erscheinen über alle Gebiete der Epidermis gleichmässig reichlich vertheilt. Sie weisen ausserordentlich scharfe, bestimmte Ränder auf; der Kern scheint der Imprägnation nicht zugänglich zu sein. Die Nervenzellen bilden die zartesten Elemente der Epidermis und zeichnen sich alle durch besonders schlanke, zierliche Gestalt aus; ihre Form wechselt aber nicht unbedeutend unter dem Einflusse der verschiedenen Lagerung des Kerns. Die verbreiteste Form ist eine Art Spindelform, wo der Kern ungefähr der Mitte der Höhe angehört, der cuticulare Pol aber sich nur unbedeutend, oft gar nicht, verschmälert, der innere hingegen sich sofort konisch verjüngt und zu einem mehr oder weniger zarten Faden gestaltet. Häufig findet man den Kern weiter unten, ja bis an die untere Epithelgrenze herabgerückt, wobei der obere, grösste Theil der Zelle säulenförmig erscheint. In sehr seltenen Fällen liegt schliesslich der Kern mehr in der Nähe der Cuticula und wird dann von einem rundlichen Zellkörper umfasst, von dem der fadenförmig verdünnte, untere Zellentheil abgeht. Durch die Golgi'sche Methode konnte nun von Lenhossék darthun, dass die Nervenzellen an ihrem basalen Pol sich in eine Anzahl feiner Ausläufer zerfasern, die ihrer Bedeutung nach in zwei Kategorien zerfallen: in protoplasmatische Fortsätze oder *Dendriten* und in den stets einfachen *Nervenfortsatz.* Die Zahl der Dendriten beträgt selten mehr als 3—4; durch Theilung einiger derselben wächst die Zahl der Endzweigchen bis auf 6 und mehr;

[1] s. o.

sie halten sich in ihrem Lauf genau an die Epithelgrenze, wobei einzelne Aestchen in die Muskellage hineinragen; sie strahlen nach allen Richtungen der Horizontalebene auseinander, sind oft von ansehnlicher Länge, stets ausserordentlich zart, ganz glatt, wellig und verdünnen sich immer mehr gegen die Endtheile hin; sie endigen alle mit freier Spitze, ohne mit analogen Fortsätzen benachbarter Zellen Anastomosen einzugehen. Häufig spaltet sich der Zellkörper gleich unter dem Kern in zwei etwas divergirende Schenkel, welche ungetheilt bis zur Epithelgrenze hinunter ziehen, an der sie sich je in eine besondere protoplasmatische Verästelung auflösen. Indess nicht alle Nervenzellen sind mit Dendriten ausgestattet; eine beträchtliche Zahl von Zellen von ausgesprochener Spindelform entbehrt solcher, wobei der untere fadenförmige Fortsatz direkt in eine sensible Nervenfaser übergeht, zuweilen aber an der Epithelgrenze 1—2 zarte Seitenfibrillen entsendet. Der Nervenfortsatz, welcher die Dendriten in der Regel um ein Geringes an Dicke übertrifft, erscheint in der Mehrzahl der Fälle als direkte Fortsetzung des verdünnten Zellenendes; sehr häufig erfolgt sein Ursprung von einem Dendriten. Das Vorkommen freier Nervenendigungen in der Haut des Regenwurms lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit ausschliessen.

Die sensibeln Fasern besitzen bei dem Regenwurm gegenüber den motorischen ein Kennzeichen in ihrer ausserordentlich zarten Beschaffenheit. Sie ziehen in regelmässigem, sanft welligem Verlauf nach dem Marke hin. An tadellosen Präparaten erscheinen sie stets ganz glatt, nicht varicös; sie sind von ihrem Ursprunge bis zum Eintritt in das Bauchmark von gleicher Dicke und stets ungetheilt. Sämmtliche Nervenfasern, die aus dem Integument je eines Segmentes entspringen, treten in das entsprechende Ganglion ein. Verlauf und Endigung der Fasern ist von strenger bilateraler Symmetrie beherrscht. Die meisten sensibeln Fasern benützen die Doppelwurzel und zwar deren proximalen Theil zum Eintritt in das Mark. Sie durchsetzen zunächst genau senkrecht die Ringmuskelschichte, und zwar die meisten nicht einzeln, sondern zu kompakten Bündelchen geordnet, an denen sich 2—5—8 oder noch mehr Fasern betheiligen. Jedes Bündelchen sammelt seine Bestandtheile aus einem bestimmten Territorium der Haut, indem die Fasern von allen Seiten her horizontal an der Epithelgrenze nach der Vereinigungsstelle hinlaufen, um hier plötzlich unter rechtem Winkel in das Bündelchen einzulenken. In den Bündelchen liegen die Fasern sehr dicht beisammen und laufen streng parallel, so dass keine Kreuzung oder Verflechtung derselben stattfindet. Viele Fasern scheinen jedoch die Ringmuskellage allein zu passiren. An der inneren Grenze dieser Muskellage angelangt lenken alle Fasern plötzlich unter scharfer winkeliger Knickung in die horizontale Ebene ein. Von hier an verlaufen sie, immer im innersten Theile der Ringmuskelschichte, in eine feinkörnige, stellenweise mit Kernen besetzte Zwischensubstanz eingebettet, die Längsmuskeln schön bogenförmig umkreisend, zur Einmündungsstelle in dieser Schichte und sammeln sich hier zu einem stärkeren Strange.

Die sensibeln Fasern bewahren ihre Individualität und entbehren fast durchgehend der Seitenäste; nur ab und zu gewahrt man an der Stelle, wo sie nach Durchsetzung der Ringmuskellage den geschilderten Winkel beschreiben, einen einzigen, zarten kurzen Ast, welcher, horizontal in der der Umbiegung entgegengesetzten Richtung verlaufend, bald ungetheilt endigt. An der Wurzel angelangt, biegen die Fasern in schön geschwungenen Curven in diese ein und erreichen das Mark an deren ventro-lateraler Seite. Die meisten sensibeln Fasern treten durch die proximale Wurzel des Doppelnerven hinein; in mehreren Fällen hatte von Lenhossék auch in den beiden anderen Wurzeln Fasern wahrgenommen, die ihm sensible zu sein schienen. Nachdem die Fasern das Mark betreten haben, dringen sie zunächst in querem Verlauf in die Dendritenzone ein. Hier unterliegen sie nun ausnahmslos alle in derselben Weise, wie wir das von den Wirbelthieren kennen, einer gabelförmigen Spaltung in einen auf- und einen absteigenden Ast. Die Stelle, wo dies erfolgt, liegt bald unmittelbar neben der Mittellinie, bald mehr der Eintrittstelle der Wurzel genähert. Die Faser überschreitet nie die Mittellinie, und da auch die Theilungsäste von der streng senkrechten Richtung nicht abweichen, gehört die sensible Faser mitsammt ihrer ganzen centralen Ausbreitung und Endigung der entsprechenden Markhälfte an. Die Bifurcation der Fasern ist nie eine streng T-, sondern stets eine mehr Y-förmige, indem die Theilungsäste, bogenförmig auseinanderweichend, in die Longitudinalrichtung einlenken. Eine Verdickung fehlt an der Theilungsstelle. Die Theilungsäste sind von gleicher Dicke und kommen in den meisten Fällen auch der Stammfaser gleich. Sie halten sich genau an die Longitudinalrichtung, von der sie an keiner Stelle stärkere Abweichungen erkennen lassen, doch zeigen sie keinen ganz glatten, sondern einen wellig zackigen Verlauf. Seitenäste, etwa den Collateralen der Längsfasern der Vertebraten entsprechend, fehlen; kleine Zacken kommen allerdings stellenweise vor, die indess nie den Namen von Aesten verdienen. »Nur an zweien der zahlreichen sensibeln Fasern, deren centraler Lauf mir handgreiflich vorlag», sagt v. Lenhossék,

»zeigte sich insofern eine Ausnahme von dieser Regel, als die absteigende Faser unweit von der Theilung noch einen Seitenast aus sich hervorgehen liess, der sich nochmals theilte.» »Sie theilen sich nie weiter, sondern laufen ungetheilt mit freier Spitze aus.» Die beiden Aeste erscheinen an den vorliegenden Präparaten von verschiedener Länge, bald schon kurz endigend, bald längere Gebiete des Markes umfassend. »Ich glaube», sagt v. Lenhossék, »dass Richtige zu treffen, wenn ich bloss die letzteren Formen als massgebend anerkenne, die ersteren hingegen als Ergebnisse einer unvollkommenen Imprägnation ausser Acht lasse.» In mehreren Fällen ergab sich, dass sowohl die auf- wie die absteigende Faser nicht nur durch das eigene Ganglion hindurchgeht, sondern auch in das nächstfolgende eindringt, ja dasselbe oft seiner ganzen Länge nach, bis zu dessen proximaler oder distaler Grenze, durchsetzt. Der centrale Lauf einer jeden sensibeln Faser beherrscht somit drei Ganglien.

In Betreff der übrigen Elemente des Bauchmarks bemerkt v. Lenhossék, dass die dorsal belegenen Kolossalfasern der Imprägnation mit Chromsilber unzugänglich und wohl nicht nervöser Natur sind. Die Nervenzellen imprägniren sich schön und sind in funktionellem Sinne alle unipolar, die meisten auch buchstäblich. »Soweit ich sie bis jetzt», sagt er, »ergründen konnte, zerfallen sie in zwei Kategorieen: 1) in solche, deren Nervenfortsatz eine Wurzel derselben Seite zum Austritte benützt; diese Elemente sind in der Regel kleiner und gruppiren sich im lateralen Abschnitt der Ganglien; 2) in solche, deren Ausläufer das Mark durch eine Wurzel der anderen Seite verlässt»; hierher gehören die grössten Zellen und unter anderen auch die vielstrahligen »Medianzellen», deren stets seitlich entspringender Ausläufer die Mittellinie kreuzt und in die einfache Wurzel der anderen Seite eingeht. Von dem Hauptfortsatz der Nervenzellen spalten sich zahlreiche verzweigte, frei endigende Nebenfortsätze ab, die sich mit anderen solchen zu einem dichten Gewirr, der »Dendritenzone», verfilzen.

Seiner Darstellung der sensibeln Fasern fügt endlich v. Lenhossék einige interessante allgemeine Schlussbetrachtungen über die nervösen Elemente und deren Verbindungen bei.

Der Bauchstrang des Lumbricus besteht bekanntlich aus einer Kette gangliöser Anschwellungen, welche durch einfach erscheinende, jedoch, wie die Ganglien selbst, bilaterale Elemente enthaltende Längskommissuren verbunden sind. Die Zahl der Ganglien wechselt nach der Zahl der Körpersegmente, indem jedes Segment ein Ganglion besitzt; die Segmente sind aber bekanntlich von verschiedener Zahl. Die Gestalt der Ganglien wechselt, wie v. A. v. Lenhossék betont hat, nicht unbedeutend, indem sie sich nach dem Contraktionszustande des Körpers richtet. Ich bemerke dies hier, um die verschiedene Gestalt derselben auf meinen Tafeln zu erklären. Bei stärkerer Contraction (Taf. III, Fig. 1) zeigen die Ganglien eine kurze und breite, gedrungene, mehr rundlich elliptische Gestalt; die Längskommissuren sind dann auch kurz und breit und erscheinen nur als kurze Einbiegungen zwischen den Ganglien. Bei mässiger Streckung des Thieres (Taf. I Fig. 1; Taf. II, Fig. 1) werden die Ganglien länglich, elliptisch, mit der grössten Breite im hinteren (distalen) Theile; ihre kommissuralen Verbindungsstücke erscheinen dann auch länger. Bei noch stärkerer Streckung des Thieres werden die Ganglien noch mehr verlängert und verschmälert; ihre Seitencontouren werden mehr geradlinig (Taf. I Fig. 2). Die den Ganglien oft zugeschriebene, echt spindelförmige Gestalt ist aber, wie v. Lenhossék bemerkt, nicht vorhanden. Ebenso wenig ist der Ursprung der Seitennerven immer richtig beschrieben, indem man hier und da angiebt, dass solche Nerven auch von den Verbindungssträngen, den Connectiven, entspringen. Wie u. A. auch v. Lenhossék angiebt, gehen die lateralen Nerven nur von den Ganglien aus; jedem Ganglion gehören *drei* Paare an: ein einfaches *vorderes,* welches vom Ganglion kurz vor dessen Uebergang in das Connectiv entspringt, und zwei *hintere,* welche dicht an einander etwa von dem breitesten Theil des Ganglions, also etwas hinter dessen Mitte, ihren Ursprung nehmen. Man hat in letzter Zeit diese beiden letzteren Paare zusammen als ein Doppelnervenpaar aufgefasst, weil sie so dicht an einander entspringen. Der Ursprung der Seitennerven ist der ventralen Fläche genähert, die dorsale Fläche der Ganglien erscheint im Ganzen auch convexer. Die Gestalt des suboesophagealen ebenso wie des supraoesophagealen (Gehirn-) Ganglions ist der Hauptsache nach von den Autoren richtig beschrieben.

Dies gilt auch, wie oben bemerkt wurde, betreffs der Lagerung der drei Kolossalfasern, der Ganglienzellen und der Punktsubstanz in den Ganglien, ebenso wie betreffs der Zusammensetzung der Hüllen und der Anordnung der Blutgefässe.

Das Verhalten der Fortsätze der Ganglienzellen, ihr Uebergang in Nervenfasern ebenso wie der Verlauf der Nervenfasern im Ganzen sind bei Lumbricus zuerst durch v. Lenhossék's Untersuchungen vermittelst der Golgi'schen Methode genauer eruirt worden. Leider ist diese Methode auch bei diesem Objecte launenhaft. Zuweilen bekommt man im Bauchstrang gar keine Färbung der nervösen Elemente; nur verzweigte, interstitielle Zellen färben sich in solchen Fällen. Zuweilen imprägniren sich nur Nervenfasern in verschiedener Zahl; in anderen Fällen sieht man hier und da nur Ganglienzellen mit langen, verzweigten Fortsätzen in schöner Färbung; in manchen Fällen treten solche Zellen neben einer Menge von Nervenfasern hervor, und hin und wieder ist ein so dichtes Gewirr von Nervenfasern und Zellen samt ihren Fortsätzen gefärbt worden, dass eine Dechiffrirung der Elemente ganz unmöglich geworden ist. Durch den Vergleich grosser Serien von Präparaten, v. A. von Längsschnitten, besonders von solchen, wo eine mässige Färbung der Elemente vorhanden ist, kommt man aber recht bald zu einer bestimmten Auffassung der fundamentalen Bauverhältnisse. Um möglichst gerade Schnitte des Bauchstrangs zu bekommen, tödtete ich zuerst die während einiger Tage — um die Sandkörner zu entfernen — mit Kaffesatz gemästeten Thiere im Chromkali-Osmiumgemisch und streckte sie dann sogleich mässig auf einem kleinen Brett mit feinen Nadeln aus, erhärtete sie in dieser Lage während einer halben Stunde in demselben Gemisch, löste sie dann vom Brett ab, machte mit einer feinen Scheere beinahe das ganze Thier durchdringende, quere Einschnitte in 0,5—1 c.m. Entfernung, so dass jedes Thier als eine Kette kurzer, kaum zusammenhängender Stücke erschien. Dann wurden sie drei Tage in einer hinreichenden Menge des Golgi'schen Gemisches bei 25—30° Wärme behandelt und nachher in üblicher Weise einen Tag (oder kürzer) in 1 % Silberlösung getaucht. Ich versuchte mehrere Veränderungen der Golgi'schen Methode, um sicherere Resultate zu gewinnen; ich kam aber zur ursprünglichen Behandlungsweise zurück. Durch die Untersuchung einer grösseren Zahl der Würmer erhielt ich also, trotz der Launenhaftigkeit der Methode, eine bedeutende Anzahl guter und erläuternder Präparate, von denen sich einige seit dem vorigen Sommer noch recht gut erhalten haben. Uebrigens will ich bemerken, dass kleinere Exemplare des Wurmes mir im Ganzen bessere Präparate gegeben haben als grössere.

Indem ich jetzt zur Beschreibung meiner Ergebnisse übergehe, fange ich mit der Structur eines Ganglions an. Alle Ganglien, die beiden ersten ausgenommen, scheinen so ähnlich gebaut zu sein, dass die Darstellung eines von ihnen auch für die übrigen gilt.

Bei einer mässigen Färbung der nervösen Elemente treten im Ganglion in der Längsansicht, von der dorsalen oder der ventralen Fläche gesehen, der bilateralen Anordnung gemäss jederseits Stränge longitudinaler Fasern hervor, welche, zu Bündeln gesammelt, das Ganglion durchlaufen, um in der Längskommissur, durch die Connective in die Nachbarganglien einzutreten und sich in ihnen in gleicher Weise zu verhalten. In diesen beiden, bilateralen, etwa mitten zwischen der Mittellinie und der Seitenkante, der letzteren ziemlich parallel, verlaufenden Strängen erkennt man in manchen Präparaten Fasern von verschiedener Dicke (Taf. I, Fig. 1; Taf. II, Fig. 1; Taf. III, Fig. 1). Erstens bemerkt man mehr oder weniger reichliche, sehr feine Fasern, welche alle von etwa gleicher Feinheit sind; zweitens fallen auch breitere Fasern auf. Am Abgange der Nervenpaare, sowohl der einfachen wie der Doppelnerven, treten von diesen Längssträngen seitlich umbiegende Fasern in die Nerven hinaus.

Wir werden zuerst die *gröberen* Fasern verfolgen. Man trifft sie in jedem Ganglion in verschiedener Zahl, je nach der Färbungsstärke. Im Allgemeinen sind sie in der Umgebung der Ursprungsstelle jedes Seitennerven am stärksten vertreten. Bei guter Färbung trifft man dort 1—4 oder noch mehrere Fasern dieser Art, welche, nachdem sie eine Strecke longitudinal verlaufen sind, in starkem Bogen seitwärts umbiegen, um in den betreffenden Nervenzweig nach der Peripherie hin zu ziehen. Sie sind im Allgemeinen etwas knotig und, besonders während des longitudinalen Verlaufes im Bauchstrang, nicht ganz gerade, sondern oft etwas eingebogen und geben, indem sie, je nach der Richtung, sich verschmälern oder verbreitern, während dieses Verlaufes eine Anzahl seitlicher Zweige ab, welche fast alle nach der Mittellinie ziehen und sich noch weiter dichotomisch verästeln, um mit feinen, knotig-varicösen Endästchen zu endigen. Hier und da sieht man eine Stammfaser, welche stark gebogen, ja sogar oft in rechtem Winkel geknickt, nach aussen hin zieht, um nach etwas weiterem Verlaufe mit einer kolbigen Anschwellung zu endigen. Man überzeugt sich bald, dass diese Anschwellung einer tief geschwärzten unipolaren Zelle entspricht, welche in der lateralen Partie des Ganglions belegen ist. Diese gröberen longitudinalen Fasern erweisen sich mithin als Fortsätze der unipolaren Ganglienzellen. In der Fig. 1 der Taf. I, der Fig. 1 der Taf. II und der Fig. 1 der Taf. III sind mehrere Beispiele dieser Elemente abgebildet. Bekanntlich liegen die Ganglien-

zellen an der ventralen und den beiden lateralen Seiten jedes Ganglions gehäuft und bilden gleichsam einen Mantel um dasselbe.

Bei der Durchmusterung einer grösseren Anzahl von Längsschnitten kommt man zu der Ueberzeugung, dass die meisten gröberen longitudinalen Nervenfasern Fortsätze der seitlich belegenen Ganglienzellen darstellen, obwohl gerade an der starken Umbiegungsstelle zur Zelle die Färbung oft unterblieben und die Zelle selbst ungefärbt ist (Taf. III, Fig. 1 links). Nicht selten setzt sich eine solche Faser verschmälert noch weiter bis zum nächsten Nervenzweig fort und dringt durch denselben nach der Peripherie hinaus. Anfangs glaubte ich in diesen mit Ganglienzellen nicht direkt zusammenhängenden Fasern Homologa der in den Ganglien der Hirudineen von Biedermann und mir beschriebenen groben, verzweigten Fasern gefunden zu haben. Da ich aber in der Peripherie des Körpers des Regenwurms keine ihnen angehörigen Ganglienzellen finden konnte, und ich bei genauer Untersuchung der innerhalb der Ganglien verlaufenden Partien der Fasern oft einen nach aussen hin ziehenden, breiten Ast fand, so ist es mir immer wahrscheinlicher geworden, dass dieser Ast dem Verbindungsast der ungefärbt gebliebenen Ganglienzelle entspricht. Ich glaube deshalb annehmen zu können, dass die gröberen, longitudinal verlaufenden Fasern, auch wenn ein Zusammenhang mit Ganglienzellen nicht wahrnehmbar ist, jedoch die Stammfortsätze solcher Zellen darstellen.

Ausser den longitudinal verlaufenden gröberen Nervenfasern giebt es aber noch andere solche Fasern, welche quer oder schief durch das Ganglion ziehen, um ebenfalls durch die peripheren Nervenzweige hinauszutreten. Auch diese Fasern sind Stammfortsätze von Ganglienzellen, welche in der mittleren, ventralen Partie des Ganglions liegen.

Nach dieser allgemeinen Darstellung des Ursprungs der gröberen Nervenfasern aus Ganglienzellen werde ich versuchen, die verschiedenen Arten der *Ganglienzellen* selbst zu demonstriren. Wie v. Lenhossék hervorgehoben hat, giebt es zwei Arten derselben: unipolare und multipolare; ich kann noch hinzufügen, dass auch bipolare Formen vorkommen. Von diesen Arten sind nun aber, wie bei den Annulaten gewöhnlich der Fall ist, die *unipolaren* Zellen so vorherrschend, dass von den übrigen nur ganz vereinzelte Exemplare vorhanden sind. Sie sind von etwas verschiedener Grösse und gehören sowohl der ventralen wie den lateralen Partien des Ganglions an. Sie scheinen aber nicht alle der Imprägnation in gleichem Masse zugänglich zu sein. Von den lateral belegenen färben sich vorzugsweise beiderseits gewisse, nach vorn vom Ursprung der Doppelnerven belegene Zellen (Fig. 1 *a* der Taf. I, II, III). Dieselben sind von verschiedener Grösse (Taf. II, Fig. 1 *a*, *a*, rechts); im Ganzen habe ich die grössten in den vorderen Ganglien getroffen. Die Gestalt der Zellen ist im Allgemeinen birnförmig, obwohl offenbar in Folge des Druckes der Nachbarzellen oft etwas unregelmässig. Der einzige, gewöhnlich starke Fortsatz wendet sich mehr oder weniger direkt nach innen, medianwärts, hin, biegt sich aber, nachdem er, etwa in der Mitte zwischen der Seitenkante und der Medianebene, den longitudinalen Faserstrang erreicht hat, in starkem Bogen, zuweilen sogar rechtwinklig nach hinten (distalwärts) hin und verläuft bald mehr gerade, bald, und dies öfter, unter wiederholten kurzen Biegungen bis zur Ursprungsstelle des zweiten Astes der Doppelnerven. Hier biegt er sich noch einmal in starkem Bogen oder sogar rechtwinklig um und tritt in diesen Nervenast ein, um nach der Peripherie zu ziehen. Während seines longitudinalen Verlaufes im Ganglion giebt dieser Zellenfortsatz eine Anzahl von Seitenästen ab, nämlich in der Regel einen stärkeren Ast, welcher etwa von der ersten Umbiegungsstelle entspringt und nach vorn hin in dem longitudinalen Faserstrange des Ganglions verläuft; dieser Ast endigt bald etwas hinter der Ursprungsstelle des vorderen, einfachen Nerven, bald erreicht er ihn sogar und scheint zuweilen in ihn hineinzutreten; während seines Verlaufes im Ganglion verzweigt er sich, indem er eine verschiedene Anzahl verästelter, feinerer Seitenzweige abgiebt. Der Stammfortsatz giebt ferner während seines Verlaufes nach hinten hin eine Anzahl medianwärts ziehender, feinerer Aeste ab, welche sich dichotomisch verzweigen und an derselben Hälfte des Ganglions varicös endigen, bevor sie die Medianlinie erreicht haben. Endlich entspringt von dem Stammfortsatz, an seiner zweiten starken Umbiegung, ein kräftigerer Ast, welcher unter kurzen Biegungen nach hinten hin durch die Längskommissur bis zum einfachen Nerven des nächsten Ganglions verläuft, um zuweilen in ihn hineinzutreten; es scheint aber auch vorzukommen, dass er in diesem Ganglien noch eine Strecke weiter zieht; während dieses Verlaufes giebt auch dieser hintere Ast kleine, medianwärts gekehrte, verästelte und varicös endigende Seitenzweige ab. Diese Ganglienzellen mit ihren Fortsätzen stimmen also dem Typus nach mit den von mir und Biedermann bei Crustaceen und Würmern beschriebenen unipolaren Zellen fast vollständig überein. Der einzige Fortsatz der unipolaren Zelle stellt den *Stammfortsatz* dar, welcher durch den zweiten Ast des Doppelnerven nach der Peripherie zieht; die von ihm während des Verlaufes durch das Ganglion entspringenden Seitenäste sind »*Nebenfortsätze*», obwohl es hin und wieder vorzu-

kommen scheint, dass durch die nächsten Nerven ein vorderer oder hinterer Ast hinaustreten kann, und, was nicht als ganz unmöglich erscheint, dieser dann wahrscheinlich auch einen Stammfortsatz darstellt; bei den Hirudineen geben ja constant die zwei grossen Ganglienzellen jedes Ganglions einen sich dichotomisch theilenden Stammfortsatz nach zwei verschiedenen peripherischen Nervenzweigen ab.

Diese hier beschriebenen Stammfortsätze der lateralen unipolaren Ganglienzellen der Ganglien des Regenwurms entsprechen den schon oben kurz erwähnten, longitudinal in jeder Ganglionhälfte verlaufenden, gröberen Nervenfasern, deren Ursprung aus Ganglienzellen oft zu ermitteln ist.

Man trifft die fraglichen Ganglienzellen sammt ihren Fortsätzen auffallend oft in gutem Färbungszustande und sehr charakteristischer Beschaffenheit, weshalb sie als eine besondere Zellengruppe aufgeführt werden müssen. Es färben sich von dieser Art eine, zwei oder zuweilen drei bilateral belegene Zellen in jedem Ganglion; stets liegt der Zellkörper in derselben Hälfte des Ganglions, in welcher der Stammfortsatz — durch den zweiten (distalen) Ast des Doppelnerven — das Ganglion verlässt. Bald liegt der Zellkörper mehr nach vorn in der Seitenpartie, bald mehr nach hinten in der Nähe des Doppelnerven. Der Zellkörper ist zuweilen recht gross, er gehört zu den grösseren Zellen des Ganglions, bald ist er von geringem Umfang; die von den grossen Zellen entspringenden Stammfortsätze gehören zu den stärksten Nervenfasern, welche vom Ganglion nach der Peripherie hin ziehen. Diese Zellen sammt ihren Fortsätzen bleiben, wie erwähnt, immer in derselben Hälfte des Ganglions und des Körpers, ohne in die andere Hälfte überzugreifen.

Nach demselben Typus sind nun auch die allermeisten Ganglienzellen der Ganglien gebaut, d. h. sie sind unipolar, birnförmig und senden einen Stammfortsatz nach der Peripherie, nachdem dieser im Inneren des Ganglions eine Anzahl verästelter Nebenfortsätze abgegeben hat. Einige dieser Zellen und ihre Fortsätze gehören ebenfalls nur der einen Ganglion-, resp. Körperhälfte an, andere kreuzen in die entgegengesetzte Hälfte hinüber. Zu der ersteren Art gehören Zellen, welche nach innen von den grossen bilateralen Fasersträngen liegen, wie die in Fig. 1 *b* der Taf. I abgebildete, wo der Stammfortsatz sich bald theilt und einen Ast nach vorn, den anderen nach hinten hin schickt, um den letzteren durch den vorderen Ast des Doppelnerven nach der Peripherie gehen zu lassen. Diesen Zellen schliessen sich solche an, welche den Stammfortsatz nach vorn hin in den grossen longitudinalen Faserstrang senden, um ihn durch den hinteren Ast des Doppelnerven des Nachbarganglions hinaustreten zu lassen (Fig. 1 *c* der Taf. I).

Sodann trifft man oft unipolare Zellen, welche im Medianfelde oder nicht unweit der Medianlinie liegen und von da den Stammfortsatz, nach mehr oder weniger zahlreichen Seitenbiegungen, bald quer über das Ganglion zum nächsten Nervenast, gewöhnlich jedoch zu demjenigen der anderen Ganglionhälfte schicken, wobei der Fortsatz entweder in einen vorderen einfachen Nerven (Taf. I, Fig. 1 *d*) oder auch in den vorderen (Taf. I, Fig. 1 *e*) oder hinteren Doppelnerven (Taf. I, Fig. 1 *f;* Taf. II, Fig. 1 *f;* Taf. III, Fig. 1 *f*) hinaustritt. In manchen Fällen erhält man eine Färbung zweier Zellen, welche, unweit der Seitenkante belegen, ihren Stammfortsatz zuerst medianwärts schicken, um ihn dann schief nach hinten hin verlaufen zu lassen und, etwa in der Mittellinie mit demjenigen der anderen Seite gekreuzt, schief nach aussen-hinten zu senden, wo er endlich in den vorderen Ast des Doppelnerven hinaustritt (Taf. I, Fig. 1 *g*; Taf. III, Fig. 1 *g*).

Nun trifft man aber in den Präparaten noch manche Ganglienzellen, deren Stammfortsatz zwar eine Strecke weit verfolgbar ist, sich aber dem Blicke entzieht und sich sogar in feinere Aeste aufzulösen scheint; zuweilen kann dies zwar von unvollständiger Färbung herrühren, in anderen Fällen scheint es aber nicht so zu sein, sondern man muss hier an dem zweiten Golgi'schen Zellentypus denken. Jedenfalls ist dies noch eine offene Frage. Ich traf ein solches Verhältniss besonders bei kleineren Zellen, welche neben den longitudinalen Fasersträngen oder dem Medianfelde noch näher lagen (Taf. III, Fig. 1 *n*). Diese Zellen schicken gewöhnlich einen dickeren Fortsatz eine Strecke nach vorn und einen nach hinten; die zahlreichen Seitenäste dieser Fortsätze greifen innig in einander.

Hin und wieder sah ich indessen auch vereinzelte *bipolare Zellen* (Taf. I, 1 *h;* Taf. II, Fig. 1 *h*), und es gelang mir zuweilen, den einen Ast bis zu der im Ganglion belegenen Endverzweigung, den anderen als Stammfortsatz bis in einen Nerven, den vorderen Ast des Doppelnerven, hinein zu verfolgen. Solche bipolare Zellen können indessen dem unipolaren Typus nahe stehen; es kann vielleicht die Ueberführung eines Nebenfortsatzes vom Stammfortsatz auf den Zellkörper vorliegen.

Endlich hat man die von Friedländer und v. Lenhossék erwähnten *multipolaren Zellen,* welche ja auch bei anderen Wirbellosen Analogien besitzen. In jedem Ganglion färbt sich nur *eine* solche Ganglienzelle, welche im Allge-

meinen einen bestimmten Platz einnimmt, nämlich etwa in der Mitte des Ganglions, dicht vor dem Doppelnerven; sie liegt dem Medianfelde nahe, ist gewöhnlich recht gross und schickt ihre Fortsätze, 3—6 an der Zahl, nach verschiedenen Richtungen hinaus (Taf. I, Fig. 1 *m;* Taf. II, Fig. 1 *m;* Taf. III, Fig. 1 *m*); zuweilen biegen sich jedoch alle oder die meisten Fortsätze nur nach einer Seite hin. Die meisten dieser Fortsätze verästeln sich reichlich; man sieht zuweilen sogar ein so dichtes Büschel von Aesten, dass die Zelle und ihre Umgebung halb verborgen liegen. von Lenhossék sagt bestimmt, dass einer der Fortsätze dieser Zellen sich zu dem einfachen Nerven begiebt und nach der Peripherie zieht. Hin und wieder sah ich auch einen dickeren, varicösen Fortsatz eine Strecke weit verlaufen, konnte ihn aber nie sicher in die peripheren Nerven eindringen sehen. Gegen v. Lenhosséks bestimmte Angabe will ich jedoch meine negativen Befunde nicht aufrecht halten.

Das sind die hauptsächlichen Arten von Nervenzellen sammt dem Verlauf ihrer Fortsätze in den Ganglien des Bauchstrangs von Lumbricus.

Auch im suboesophagealen Ganglion und im eigentlichen Gehirnganglion sind entsprechende Zellentypen nachzuweisen, ich habe sie aber hier nicht eingehender studirt.

Auf Querschnitten der Bauchstrangganglien (Taf. V) trifft man die fraglichen Ganglienzellen wieder, die unipolaren, wie die multipolaren. Von Interesse ist es, auf solchen Schnitten die Lage des Zellkörpers und den Verlauf ihrer Fortsätze zu verfolgen; jedoch lässt sich letzterer nur ausnahmsweise weitere Strecken beobachten; die Längsschnitte sind in dieser Beziehung viel lohnender.

Wohin ziehen nun die peripherisch verlaufenden *Stammfortsätze* der unipolaren (resp. bipolaren) Ganglienzellen? Wie verhalten sie sich, nachdem sie den Bauchstrang verlassen haben?

An manchen Präparaten, sowohl Längs- wie Querschnitten, besonders wenn dieselben etwas schief ausgefallen sind, lassen sie sich ohne Schwierigkeit bis zum Ende verfolgen. Man erkennt dann, dass sie zuweilen schon früh nach dem Austritte aus dem Bauchstrang einzelne Zweige abgeben, welche sich direkt zu den nächstliegenden Muskeltheilen begeben, um sich an ihnen weiter zu verzweigen. Die Stammfasern ziehen aber im Nervenast weiter. An der Längsfaserschicht angelangt, schicken nun diese Stammfasern in der Regel Aeste ab, setzen aber dann zur Querfaserschicht fort, um sich in ihr in einen Endplexus aufzulösen. In der Fig. 1 der Taf. 1 sind aus einem schiefen Längsschnitt in allen drei Nerven einer Ganglionhälfte solche Stammfortsätze abgebildet, welche sich — nur mit einem an der Figur ausgelassenen Stück — bis zur Endverzweigung verfolgen lassen. Die Verzweigungsart ist eine dichotomische in der Art, dass der eine Zweig in der Regel stärker ist und den Verlauf eine längere Strecke fortsetzt, während von ihm feinere Aeste hier und da, gewöhnlich aber nicht dicht an einander, abgehen. In der Fig. 6 der Taf. VI habe ich Partien einer solchen Endverzweigung abgebildet. Die Muskelbündel (*m*) sind nur durch feine, parallele Linien angedeutet; von einer Faser des Nervenzweigs (*nz*) zweigt sich ein Ast ab, welcher schief über die Muskulatur verläuft und an der Umbiegungsstelle einen Ast abgiebt, welcher zuerst quer über die Muskelbündel zieht, dann aber umbiegt und feine, knotige Aestchen entsendet, die den Muskelbündeln entlang laufen und an ihnen endigen. Die Stammfaser setzt sich weiter fort und entsendet im weiteren Verlaufe nach beiden Seiten hin Aestchen, welche sich fortwährend dichotomisch theilen und an den Muskelbündeln endigen; hierbei nehmen die Aestchen vorwiegend eine den Muskelbündeln ziemlich parallele Richtung an und erscheinen knotig-varicös, ohne jedoch solche reichliche Endbäumchen wie an den Muskelnerven der höheren Thiere zu bilden. Sie entsprechen aber ihrem Typus nach vollständig den Muskelnervenendigungen, welche ich durch Methylenblaufärbung bei anderen Annulaten gefunden und unten in einer besonderen Mittheilung über Muskelnerven beschrieben habe. Auf der Taf. V, Fig. 6—8 theile ich noch einige Beispiele von Muskelnervenendigungen bei Lumbricus mit; in einigen von diesen nähert sich der Typus der Endigung den entsprechenden einfacheren Formen bei den Vertebraten.

Auf Querschnitten (Taf. V, Fig. 1) lassen sich ebenfalls, wie oben erwähnt, die Verzweigungen dieser Fasern stückweise verfolgen; man sieht die Fasern zwischen die Muskellamellen eintauchen und längs ihrer Fläche verlaufen.

Durch die Verfolgung der gröberen Nervenfasern der Nerven vom Ganglion bis zur Peripherie lässt sich somit constatiren, dass sie motorische Nervenfasern sind. Die Ganglienzellen, deren Stammfortsätze sie darstellen, sind also *motorische Zellen.* Soweit ich zu sehen vermochte, gehören nun alle diese Fasern der nämlichen Gattung an. Ich konnte in den Ganglien des Bauchstrangs keine Ganglienzellen, deren Stammfortsätze nach den peripherischen Organen laufen, finden, bei denen diese Fortsätze nicht in Muskeln endigen. Ich habe ferner bis jetzt keinen wesentlichen Unterschied zwischen den verschiedenen Arten von Stammfortsätzen finden können; zwar sind sie von

verschiedener Stärke und laufen durch verschiedene Nerven nach der Peripherie, dort angelangt verhalten sie sich aber in ähnlicher Weise. Es ist jedoch denkbar, dass sie je nach ihrer Gattung verschiedene Arten von Muskeln — längs- und quergehende — innerviren. In allen Nerven, welche von den Ganglien entspringen, giebt es solche motorische Nerven, obwohl sie sich nicht immer durch Chromsilber färben lassen.

Nach dieser Darstellung der motorischen Ganglienzellen ebenso wie des Verlaufes und der peripherischen Endigungsweise ihrer Stammfortsätze kehre ich zur Untersuchung der oben erwähnten *feinen* Fasern des Bauchstranges zurück. Bei reichlicher Färbung (Taf. III, Fig. 2) sieht man sie stets zwei longitudinale, bilaterale, starke Stränge bilden, von welchen in alle drei Nervenpaare der Ganglien Aeste fast rechtwinklig abgehen. Bei genauerer Beobachtung nimmt man indessen wahr, dass die beiden Stränge nicht einfach, sondern aus mehreren zusammengesetzt sind. Beim Studium einer grösseren Anzahl gut gelungener Präparate, in welchen nur diese Stränge feinerer Fasern gefärbt sind — es kommt nämlich recht oft vor, dass nur diese Fasersysteme imprägnirt werden — erkennt man in jedem bilateralen Strange drei gesonderte Bündel. Von diesen ist ein Bündel (Taf. III, Fig. 2, *1,1*) viel stärker als die anderen beiden, und dasselbe tritt in den Chromsilberpräparaten als ein kompakter, schwarzer Strang von regelmässiger Anordnung und gleichmässiger Breite hervor; diese beiden Hauptbündel verlaufen einander ziemlich parallel, doch nähern sie sich etwas beim Uebergang in die Connective und entfernen sich von einander an den Ursprungsstellen der peripheren Nerven, am meisten an derjenigen der Doppelnerven. Von diesen Hauptsträngen geht jederseits in etwa rechtem Winkel zu jedem der drei Nerven ein Ast ab, welche Aeste in den Nerven mehr oder weniger gerade nach der Peripherie des Körpersegmentes verlaufen. Unter diesen Aesten ist bei guter Färbung stets derjenige, welcher im vorderen (proximalen) Zweig des Doppelnerven verläuft, der stärkste; die anderen beiden sind bedeutend schmäler. An der Abgangsstelle dieser drei Aeste biegt sich der Strang an der medianen Seite etwas ein und läuft an der lateralen mit breitem, dreieckigem (trompetenförmigem) Fusse aus, um verschmälert und oft anfangs etwas gebogen in den Ast überzugehen (Taf. III, Fig. 2); hierdurch entsteht zwischen den Ursprungsstellen der beiden Zweige des Doppelnerven gewissermassen eine medianwärts gerichtete Einbiegung des ganzen Hauptbündels.

Nach innen von diesem bilateralen Hauptbündel bemerkt man auf dem Längsschnitt (Taf. III, Fig. 2, *2,2*) bei der Ansicht von oben oder von unten je ein schmäleres Bündel, welches dem Hauptbündel parallel folgt und wie dieses Aeste zu den peripheren Nerven abgiebt. Indessen sah ich von ihm nie Aeste zu dem hinteren Zweig des Doppelnerven abgehen, sondern nur zu dem vorderen Zweig desselben und dem vorderen einfachen Nerven; die Ursprungsstelle dieser Aeste ist ebenfalls breit dreieckig. Diese Bündel sind, wie die ersten, recht kompakt und von gleichmässiger Breite.

Nach innen von diesem zweiten Bündelpaar erkennt man noch ein der Medianlinie weit näher gelegenes, welches viel dünner und weniger kompakt ist (Taf. III, Fig. 2, *3,3*); dasselbe giebt, so weit ich finden kann, jederseits in jedem Ganglion nur einen Ast ab, nämlich zu dem vorderen Zweig des Doppelnerven.

Bei der starken Färbung der fraglichen, in dieser Weise angeordneten Stränge lässt sich ihre Zusammensetzung nicht genauer eruiren. Deshalb ist es nothwendig, solche Präparate aufzusuchen, wo die Imprägnation weniger reichlich ausgefallen ist; derartige Präparate kommen oft vor und geben eine eingehende Einsicht in den Bau der Stränge. Man überzeugt sich bald, dass dieselben durch und durch aus solchen feinen Fasern bestehen, welche v. Lenhossék beschrieben und in einiger Zahl abgebildet hat.

Es liegen also hier die von v. Lenhossék geschilderten *sensiblen Fasern* vor, deren Ursprung aus sensiblen Zellen der Haut dieser Forscher entdeckt hat. Ich kann nun diese seine Entdeckung vollständig bestätigen. Man sieht nie eine direkte Verbindung dieser Fasern mit Nervenzellen im Bauchstrange. Dagegen lässt sich bei genauer Untersuchung ihr Zusammenhang mit den fraglichen *Lenhossék'schen* Zellen des Hautepithels ohne Schwierigkeit demonstriren.

Ich finde es deshalb richtiger, sogleich zu der Beschreibung des Epithels überzugehen und die Zellenausläufer von dort aus zum Bauchstrang zu verfolgen. Es ist dies derselbe Weg, den auch v. Lenhossék eingeschlagen hat.

Der eingehenden Darstellung dieses Forschers kann ich in dieser Hinsicht fast vollständig beipflichten, und ich werde deshalb nur eine kurze Schilderung geben (Taf. VI, Fig. 1—5). Das von der bekannten Cuticula bedeckte Epithel der Epidermis (Hypodermis Aut.) besteht aus einer einzigen Schicht senkrecht gestellter, hoher Zellen, unter denen drei Arten zu unterscheiden sind:

1. Die *Schleimzellen,* mehr oder weniger bauchig angeschwellte Zellen, deren oberes und unteres Ende quer abgestutzt die beiden Flächen des Epithels erreichen (Fig. 3, 4 *mu*) und nur äusserst selten am unteren Ende einige kleine, zackige Fortsätze zeigen.

2. Die *Stützzellen,* etwas schmälere Zellen von sog. »Cylinderform, welche gegen die Cuticula quer abgestutzt endigen, am unteren Ende dagegen sich in der Regel verzweigen, so dass von ihm 2—6, im Allgemeinen ziemlich dicke Füsse ausgehen, die etwas gespreizt die untere Fläche des Epithels erreichen und dort entweder zugespitzt oder mit klumpig verbreiteten Füssen endigen (Fig. 1, 2, 3, 5, *st.*); der längliche, sich in der Regel braunroth färbende Kern liegt in der Mitte der Epithelhöhe oder etwas nach unten davon. Nie sah ich, dass die unteren Enden der Stützzellen in die Muskelschicht hineinragen, sondern nur dass sie bis zur unteren Fläche des Epithels reichen.

3. Die *Sinnesnervenzellen* (Fig. 1—5), welche stets schmäler als die anderen beiden Zellenarten sind und eine nicht unbedeutende Wechselung der Gestalt darbieten, können im Allgemeinen, wie v. Lenhossék sagt, als spindelförmig angegeben werden, indem dieser Typus die gewöhnlicheren Formen umfasst; sie haben nämlich einen spindelförmigen, den ovalen, gewöhnlich ungefärbt gebliebenen Kern enthaltenden Zellkörper, von dem der etwas verschmälerte, aber nicht fadenförmig verengerte, obere (äussere) Abschnitt bis zur Cuticula emporsteigt, um an ihr quer abgestutzt zu endigen. Der verdickte, den Kern bergende Zellkörper liegt in sehr verschiedener Höhe des Epithels, bald hoch oben unweit der Cuticula, bald, und dies ist weit gewöhnlicher, in der Nähe der Mitte der Epithelhöhe, bald, was ebenfalls oft vorkommt, weiter unten in der Nähe der unteren Epithelfläche. Je nach der Lage des kernführenden Zellkörpertheils wechselt die Gestalt der Zelle und vor Allem die des unteren Fortsatzes. Wenn der Kern, welcher in der Regel der Imprägnation wenig zugänglich ist, höher oben liegt, verschmälert sich der Zellkörper entweder allmählig oder rasch und setzt sich stets in einen dünnen Faden fort, welcher mehr oder weniger senkrecht nach unten zieht und entweder unverzweigt, was jedoch selten vorzukommen scheint, oder nach der Abgabe eines oder mehrerer Aeste die untere Fläche des Epithels erreicht. Hier biegt sich dieser fadenförmige Fortsatz in der Regel seitlich um und zieht eine kürzere oder längere Strecke tangential weiter, um dann wieder nach unten (innen) umzubiegen und in die Ringfaserschicht einzutreten. Die übrigen Fortsätze, welche bald von dem eben beschriebenen Fortsatze, bald vom unteren Ende des Zellkörpers selbst entspringen, biegen unter wellig-zackigem Verlaufe nach der Seite hin um und setzen unter wiederholter, dichotomischer Verzweigung eine Strecke an der unteren Epithelfläche nach verschiedenen Richtungen fort, also eine Gruppe von Epithelzellen unten berührend, um mit freien, zuweilen varicös-knotigen Spitzen zu endigen; oft steigen sie hierbei ein wenig zwischen den Epithelzellen empor; die Fasern selbst sind ebenfalls auch in ihrem Verlaufe etwas varicös; sie kommen dabei mit den entsprechenden Fortsätzen anderer Sinnesnervenzellen in mehr oder weniger innige Berührung, ohne jedoch mit ihnen Anastomosen einzugehen. Es sind dies die von v. Lenhossék genau beschriebenen Fortsätze, welche er als protoplasmatische Fortsätze oder »Dendriten» auffasst.

Zuweilen, und dies ist besonders bei den Zellenformen der Fall, welche den Kern tief unten tragen und dadurch urnenförmig werden und einen breiten Fuss haben (Fig. 2, 3), scheint sich dieser Fuss gewissermassen in eine Anzahl solcher »Protoplasmafortsätze» aufzulösen; schon vor vielen Jahren hat der stets scharf beobachtende Leydig das untere Ende der Zellen in der Haut der Lumbricinen als verzweigt beschrieben. Nicht immer lässt sich indessen der eigentliche, fadenförmige Fortsatz der Zellen wahrnehmen, indem er hin und wieder vom Messer weggeschnitten worden ist.

In Betreff der Vertheilung dieser drei Zellenarten im Epithel der Haut kann ich v. Lenhossék's Schilderung beistimmen. Sie stehen überall untereinander vermischt, ohne dass man eine bestimmte Anordnung darzulegen vermag; nur die intersegmentalen Furchen scheinen von Sinneszellen frei zu sein. Da, wie v. Lenhossék bemerkt, die Sinnesnervenzellen sich besonders dunkel färben, so treten sie in der Regel am stärksten hervor und man kann ihre Vertheilung wahrnehmen. Eine Gruppirung derselben zu dicht gedrängten Gruppen oder Organen, wie von vornherein angenommen werden konnte, scheint nicht vorzukommen. Ebenso wenig lässt sich bis auf Weiteres eine Differenzirung derselben Zellen in verschiedene, physiologisch differente Arten durchführen, obwohl ein solcher Unterschied a priori annehmbar wäre. Der Regenwurm besitzt keine anderen, höher entwickelten Sinnesorgane; er ist aber bekanntlich für Sinnesreize verschiedener Art empfindlich. Es wäre deshalb von ausserordentlich hohem biologischem Interesse zu erfahren, ob dieselben Sinnesnervenzellen diese verschiedenen Eindrücke vermitteln, oder ob einzelne derselben eine besondere physiologische Function haben.

Was ihr Verhältniss zur Cuticula betrifft, so ist schon früher dargelegt worden, dass die Schleimzellen je einem Porus in derselben entsprechen, die anderen Zellenarten aber nicht. Indessen bemerkt man aber an senkrechten Schnitten eine schwache Zeichnung feiner, senkrechter, dicht stehender Linien (Fig. 1 *c*); an den Stellen, wo die Sinnesnervenzellen die Cuticula berühren, sah ich ferner (Fig. 2) oft eine kleine hügelartige Erhöhung der letzteren und ihre lineäre Zeichnung verstärkt, so dass das Ganze den Eindruck feiner Stiftchen (oder Kanälchen) machte, ohne dass ich die Natur dieser Bildung sicher zu eruiren vermochte. Die Cuticula fällt bekanntlich oft ab; in solchen Fällen trifft man oft, bei schiefer Lage der Präparate, eine Mosaikzeichnung an der Oberfläche des Epithels, welche Zeichnung den oberen Enden der Epithelzellen entspricht (Fig. 4 ,5); sie besteht aus polygonalen Feldern von etwas verschiedener Grösse, deren Grenzen durch das Silber hervorgerufen sind.

Anderweitige freie Nervenendigungen sah ich ebenso wenig wie v. Lenhossék im Hautepithel des Regenwurms.

Nach dieser Darstellung des Epithels erübrigt, die unteren fadenförmigen Fortsätze der Sinnesnervenzellen von aussen nach innen bis an ihre Enden im Bauchstrang zu verfolgen. Der Beschreibung v. Lenhosséks von dem Verlaufe derselben bis in den Bauchstrang hinein habe ich nichts beizufügen. Die feinen Fasern sammeln sich zuerst, an der unteren Epithelgrenze tangential zusammenstrahlend, aus gewissen Zellenterritorien an bestimmten Stellen, biegen sich dann bündelweise nach innen um und durchdringen die muskuläre Ringfaserschicht senkrecht oder etwas schief; hierauf biegen die meisten Bündel an der Grenze zur Längsfaserschicht wieder tangential um und laufen eine längere oder kürzere Strecke weiter, je nachdem sie von den ventro-lateralen Kanten des Thieres mehr oder weniger entfernt sind; einige Bündel, die an diesen Kanten schon von vornherein befindlichen, gehen ohne eigentliche Biegung direkt dahin. Hier sammeln sie sich, zusammenstrahlend, zu den dickeren Stämmen, welche durch die Längsfaserschicht hindurch als transversale, seitliche Nervenzweige des Bauchstrangs in die ventro-lateralen Kanten jedes Ganglions übergehen.

Sämmtliche, von den Sinneszellen kommende Fasern sind, wie sie v. Lenhossék beschrieben hat, sehr fein, alle von etwa derselben Feinheit — nur selten erscheinen sie varicös — und verlaufen ziemlich gerade und parallel, neben einander, *ohne Theilung* und ohne sichtbare Veränderung des Calibers bis zum Bauchstrang. Von den Muskelschichten an legen sie sich aber an die oben beschriebenen motorischen Fasern, die Zellenfortsätze des Bauchstrangs, und laufen zusammen mit ihnen in den Seitennerven.

Nach dem Eintritt in das Ganglion, sei es durch den einfachen Nerven oder durch einen der Aeste des Doppelnerven, spalten sie sich, wie v. Lenhossék dargelegt hat, constant in zwei Aeste, einen auf- und einen absteigenden, welche, beide von etwa derselben Dicke wie die Mutterfaser, oder auch nur sehr wenig dünner, von nun an longitudinal im Bauchstrang verlaufen. Hier bilden sie dann, in grosser Zahl zusammentretend, die von mir oben beschriebenen, parallel nebeneinander verlaufenden, bilateralen Faserstränge, in welchen wegen der Fasermasse ihr Lauf nicht genau verfolgt werden kann.

Wenn man aber solche Präparate studirt, wo die Fasern einzeln oder in kleinen Gruppen gefärbt vorhanden sind, lassen sich die Verhältnisse sicher eruiren. Die dichotomische Theilung, welche jede Faser beim Eintritt in die Faserstränge erfährt, befindet sich in dem dreieckig-trompetenförmigen Theil der Stränge, welcher in die peripheren Aeste übergeht; jede Theilung hat, wie v. Lenhossék bemerkt, eine Y-förmige Gestalt mit bogenförmigen Armen; die Theilungsstellen liegen in jedem Ast nicht ganz an derselben Stelle, sondern in verschiedenen Niveaus.

Wie weit verlaufen nun die beiden Aeste jeder Faser, und wie endigen sie?

v. Lenhossék ist der Ansicht, dass sie nicht nur das eigene Ganglion, in welche sie eingetreten sind, durchlaufen, sondern auch in das Nachbarganglion eindringen, ja dasselbe oft seiner ganzen Länge nach, bis zu dessen proximaler oder distaler Grenze durchsetzen. Die Fälle, wo die Fasern früher endigen, will er als Ergebnisse einer unvollkommenen Imprägnation ausser Acht lassen. In dieser Hinsicht bin ich jedoch zu einer abweichenden Auffassung gelangt. Ich habe eine Menge von Fällen genau untersucht und mich dabei bestimmt überzeugen können, dass die beiden Aeste sich verschiedentlich verhalten. In vielen Fällen trifft der von v. Lenhossék beschriebene Zustand ein; die beiden Theiläste verlaufen — gewöhnlich nicht ganz gerade, sondern oft recht zackig gebogen — durch das eigene Ganglion hindurch und dringen in die beiden Nachbarganglien hinein, um in ihrem distalen, resp. proximalen Theile zu endigen (Taf. III, Fig. 1). Ich überzeugte mich dabei, dass sie vorwiegend, obwohl nicht immer, die Gegend der Ursprungsstelle der Nerven aufsuchen, um dort so endigen.

In anderen Fällen aber sind in der That die beiden Theiläste von sehr verschiedener Länge; der eine zieht in das Nachbarganglion hinein, während der andere nur eine kurze Strecke verläuft, um unweit der Ursprungsstelle zu endigen.

Wie kann man denn wissen, dass solche Fälle nicht von unvollständiger Imprägnation herrühren? Durch die Endigungsweise. von Lenhossék sagt in seiner letzten Arbeit betreffs der Endigung, dass die Fasern ungetheilt mit freier Spitze auslaufen; in seiner Fig. 9 (Längsschnitt) bildet er sie auch spitz auslaufend ab; zwei Fasern sind jedoch hakenförmig umgebogen; keine knotigen Verdickungen sind sichtbar; er beschreibt auch solche nicht. Diese Endigungsweise schien mir nun, im Vergleich zu den sonstigen Endigungen der Nerven, centralen wie peripheren, so unannehmbar, dass ich betreffs derselben von vornherein grosse Zweifel hegte. In der That erwies es sich auch, dass die Faseräste nicht nur spitz auslaufen, sondern dabei kleine Knötchen tragen und sich in der Regel etwas bogenförmig biegen; dann fand ich auch oft eine dichotomische Theilung, sogar eine mehrmalige Verzweigung der Aeste gerade an der Endigungsstelle. In den Figuren 1 der Taf. I, II, III, IV habe ich eine Menge solcher Endigungen abgebildet, auf welche ich verweise. Sie ähneln in hohem Grade den einfacheren Endigungen vieler anderen Nervenfaserarten, centralen wie peripherischen, sensiblen wie motorischen. Nur sind sie bei diesen Fasern in der Regel äusserst einfach, sogar ganz ungetheilt; nie vermisste ich indessen an ihnen einige dieser eigenthümlichen, glänzenden, varicös-knotigen, korn- oder scheiben-artigen, obwohl gewöhnlich sehr kleinen, Ausbreitungen, welche allen Nervenendfasern so charakteristisch zu sein scheinen.

Bei diesen Fasern bleiben, wie erwähnt, die Endigungen in der Regel auf so höchst einfacher Stufe; von derselben als Ausgangspunkt lässt sich aber eine ganze Reihe von Endigungen demonstriren, welche einen mehr zusammengesetzten Bau darbieten. In der Fig. 1 der Taf. III sind einige solche Endigungen abgebildet.

Durch das Verhalten der Endigungen bekommt man also ein recht sicheres diagnostisches Mittel, um den Endverlauf der Fasern nachzuweisen. In manchen Fällen findet man nun, wie oben erwähnt, die Endigung des einen Astes in der Nähe der Eintrittsstelle, wo die Faser sich getheilt hat; der andere Ast aber geht bis zum nächsten Nervenzweig, oder noch weiter, um sein Ende zu finden. Bald aber, und dies ist gewöhnlicher, ziehen beide Aeste nach den beiden entgegengesetzten Richtungen hin, um in der Nähe der nächsten Nerven zu endigen; hin und wieder kann man die Fasern auch noch weiter bis zu dem folgenden Nerven verfolgen; in solchen Fällen ziehen dieselben in die nächsten Ganglien hinein und bilden mithin eine Art Glieder zwischen ihnen.

Die Fasern sind zwar sehr einfach. Sie sind aber indessen nicht ganz so einfach, wie von Lenhossék meint. Kleine Zacken, sagt er, kommen stellenweise vor, die nie den Namen von Aesten verdienen. »Nur an zweien, fügt er hinzu, »der zahlreichen sensiblen Fasern, deren centraler Lauf mir handgreiflich vorlag, zeigte sich insofern eine Ausnahme von dieser Regel, als die absteigende Faser unweit von der Theilung noch einen Seitenast aus sich hervorgehen liess, der sich nochmals theilte». Nun habe ich aber oft in den Präparaten sowohl wiederholte dichotomische Theilungen wie kleine Aeste an diesen Fasern gesehen. Die Theilungen kommen besonders in der Nähe der ersten Theilungsstelle der Fasern vor und betreffen entweder nur einen Ast oder auch beide; dabei werden kürzere Aeste abgegeben, welche medianwärts ziehen und bald mit kleinen, knotigen Verdickungen endigen; zuweilen ziehen beide Theiläste des Astes longitudinal weiter, um nach verschieden langem Verlaufe zu endigen. Fast in jedem Nerven habe ich solche Fasern mit wiederholter Theilung gefunden. Es kommt unter ihnen eine Art vor, welche in der That der Verzweigungsweise der Stammfasern der motorischen Ganglienzellen so ähneln, dass ich sie anfangs für sehr feine Stammfasern von Ganglienzellen des Bauchstrangs hielt; da ich aber nie eine Andeutung von Ganglienzellen in Verbindung mit ihnen finden konnte, und sie in sonst »reinen» Färbungen sensibler Fasern auftreten, halte ich sie bis auf Weiteres eher für verzweigte sensible Fasern, obwohl ihre Verästelungsweise derjenigen der motorischen Stammfortsätze ziemlich ähnlich ist. Einige solche sind auf der Taf. IV abgebildet.

von Lenhossék hebt hervor, dass die sensiblen Fasern einen Ast auf- und einen Ast abwärts schicken. Dies ist auch in den allermeisten Fällen richtig. Ich will jedoch bemerken, dass Ausnahmen davon vorkommen. Ich habe mehrmals Fälle gesehen, wo beide Aeste dieselbe Richtung einschlagen; ein solcher Fall ist in der Fig. 1 der Taf. II, unten rechts, abgebildet; beide Aeste ziehen hier proximalwärts.

Was nun das Vorkommen von Nebenästen an den sensiblen Fasern des Bauchstrangs betrifft, so stimme ich von Lenhossék darin bei, dass wirkliche Collaterale wie im Rückenmark der höheren Wirbelthiere bei Lumbricus nicht vorkommen. Dagegen trifft man hier und da kleine, rechtwinklig abgehende Seitenäste, welche in der

Regel medianwärts ziehen, sich zuweilen noch einmal spalten und knotig-varicös enden. Mehrere solche Aeste, welche, obwohl nur schwach ausgebildet, in hohem Grade den Seitenästen ähneln, die ich früher bei Crustaceen und Würmern an den longitudinalen feinen Fasern des Bauchstrangs beschrieben habe, sind in den Figuren wiedergegeben (Taf. II, Fig. 1; Taf. IV, Fig. 1). Diese Seitenäste oder Nebenfortsätze sind wohl als erste Andeutungen oder Vorläufer der Collateralen zu betrachten, obwohl sie noch nicht die spätere starke Ausbildung derselben erreicht haben.

von Lenhossék hebt ferner hervor, dass die sensiblen Fasern jeder Hälfte des Bauchstrangs, und somit auch die der Körperhälfte, streng der betreffenden Hälfte angehören und *nie* die Mittellinie überschreiten. Dies gilt nun für die bei. Weitem meisten Fasern. Es giebt jedoch Ausnahmen auch von dieser Regel. Ich habe eine Menge solcher Fälle beobachtet und in den Figuren einige Beispiele abgebildet. In der Fig. 1 der Taf. II sieht man also oben einige sensible Fasern von jeder Seite her quer über die Mittellinie kreuzen und in die andere Hälfte hinübertreten, um dort zu endigen. Weiter unten in derselben Figur sieht man ferner zwei sensible Fasern, eine von jeder Seite her, schief die Mittellinie kreuzen und ihre feinknotigen Enden nahe an einander legen u. s. w. In der Fig. 1 der Taf. IV findet man mehrere sensible Fasern, welche in derselben Weise das Mittelfeld erreichen und mit entsprechenden Fasern der anderen Hälfte in Berührung kommen, resp. sich kreuzen. Sowohl an solchen Fasern wie an den in den Strängen befindlichen nimmt man bei geeigneter Färbung oft wahr, dass sie ihre Enden neben einander legen, so dass ein von vorn und ein von hinten her kommender Ast die eingebogenen varicösen Enden etwa wie zwei Hände in einander haken. Es macht den Eindruck, als ob hier eine Einrichtung vorliege, welche auf Contakt berechnet ist. Und diese Anschauung hat ja viel für sich. Ein sensibler Impuls kann in dieser Weise von einem Ganglion zu einem anderen fortgepflanzt werden. Dagegen trifft man in den Präparaten nicht gleich erläuternde, intime Verhältnisse zwischen den sensiblen und den motorischen Fasern. Die Verzweigungen der Nebenfortsätze dieser letzteren umspinnen aber in den verschiedenen Richtungen die sensiblen Faserstränge, so dass Contacte wohl überall vorkommen können.

von Lenhossék nennt die Nebenfortsätze der Stammfortsätze der motorischen Zellen »*Dendriten*». Für diese Aeste will ich bis auf weiteres nicht den Namen Dendriten anwenden. Die echten Dendriten sind die früher sog. Protoplasmafortsätze der multipolaren Ganglienzellen, z. B. die der motorischen Zellen des Rückenmarks, der Purkinje'schen Zellen des Kleinhirns, der Pyramidenzellen des Grosshirns u. s. w. Hierhin rechne ich auch den centralwärts verlaufenden Fortsatz der bipolaren Zellen der Cerebrospinalganglien, welcher in den Centralorganen die Collateralen abgiebt. Dagegen können wir noch nicht beweisen, dass die Nebenfortsätze, welche von dem Stammfortsatz der unipolaren Zellen der Wirbellosen entspringen, ganz derselben Art sind. Man pflegt nicht die verzweigten Seitenäste des Axencylinders der Pyramidenzellen und der Purkinje'schen Zellen als »Dendriten» aufzuführen. Ich will auf dem jetzigen Standpunkt unseres Wissens nicht bestimmt sagen, dass die Nebenfortsätze der unipolaren Zellen der Wirbellosen nicht auch echte Dendriten repräsentiren. So lange wir aber dies nicht kennen, ist es richtiger, ihnen eine andere Benennung zu geben, oder sie wenigstens durch einen Zusatz zum Namen von den echten Dendriten zu unterscheiden. Man könnte also die von dem Zellenkörper entspringenden Dendriten als D. erster Ordnung, als *Cytodendriten*, die vom Stammfortsatz, resp. vom Axencylinder ausgehenden als D. zweiter Ordnung, als *Cylindrodendriten* (Dendriten des Axencylinders) aufführen.

Aus der obigen Darstellung gehen in Betreff der Verhältnisse des Nervensystems des Regenwurms folgende Thatsachen hervor.

1. Die motorischen Nervenzellen liegen sämmtlich in den Ganglien des Bauchstrangs und senden ihre mehr oder weniger dicken Stammfortsätze, unter Abgabe zahlreicher, verzweigter Nebenfortsätze zur Punktsubstanz der Ganglien, durch einen der drei Nervenpaare nach der Peripherie, wo sie zur Muskulatur Aeste abgeben und sich in solche auflösen, die verzweigt und mit feinen, knotigen Endästen an den Muskellamellen frei endigen. Man kann nach der Lage der Ganglienzellen im Ganglion verschiedene Gruppen derselben unterscheiden, von denen einige ihren Stammfortsatz zu den Nerven derselben Seite, andere zu denen der entgegengesetzten Seite schicken (vergl. v. Lenhossék). In jedem Ganglion giebt es eine multipolare Zelle, deren Bedeutung mir dunkel geblieben ist. Hier liegen Verhältnisse vor, welche denen bei anderen Wirbellosen (Polychäten, Crustaceen) sehr ähnlich sind, so wie sie durch Untersuchungen von mir und Biedermann bekannt wurden.

2. Die sensiblen Nervenfasern sind, wie von Lenhossék entdeckt hat, Stammfortsätze von Zellen, welche in der Haut, in der Epidermis (Hypodermis), belegen sind. Diese sensiblen Nervenzellen oder Sinnesnervenzellen repräsentiren somit einen noch primitiven Standpunkt in der phylogenetischen Entwickelung, was aber nicht sonderbar ist, indem es noch bei den höchsten Thieren Beispiele von etwa derselben Entwickelungsstufe giebt, wie die Untersuchungen von Golgi, Ramón y Cajal, Van Gehuchten u. A. im Riechorgan der Säugethiere dargethan haben und von deren Richtigkeit ich mich schon längst vollständig überzeugt habe. Die sensiblen Fasern gehen nach Abgabe von Seitenästen (Nebenfortsätzen) ohne Theilung direkt durch die drei Nervenpaare der Ganglien in den Bauchstrang hinein, spalten sich dort sogleich und senden, wie dies Alles von Lenhossék beschrieben hat, einen Theilast nach vorn und einen nach hinten hin. Diese Theiläste setzen sich jedoch nicht alle, wie dieser Forscher meint, in die Nachbarganglien fort, sondern der eine oder andere endigt nicht selten schon früher, zuweilen nach nur kurzem Verlauf. Die Endigungsweise ist nicht nur ein spitzes Auslaufen, wie von Lenhossék glaubt, sondern das Ende der Faser ist in der Regel etwas knotig-varicös, ungefähr wie bei anderen sehr einfachen Nervenendigungen, gewöhnlich etwas gebogen und nicht selten etwas verzweigt. Die Enden verschiedener Fasern greifen oft gewissermassen in einander oder liegen dicht an einander, wahrscheinlich um eine Art von Contakt zu ermöglichen. Die sensiblen Fasern sind zu Stämmen oder Strängen geordnet, von denen ich jederseits drei unterscheiden konnte. Von diesen ist einer stärker als die anderen beiden, und in sie strömt durch den vorderen Ast des Doppelnerven jederseits die relativ grösste Menge der sensiblen Fasern hinein, aber auch durch die anderen Nerven dringen zahlreiche sensible Fasern in den Bauchstrang hinein. Eine Verbindung der verschiedenen sensiblen Stränge oder Bündel scheint in dem Bauchstrang nicht vorzukommen. Ob nun die verschiedenen Bündel Fasern von verschiedenem Valeur, und ob sie sensiblen Hautzellen verschiedener physiologischer Function entsprechen — was ja nicht undenkbar ist, da man weiss, dass der Regenwurm auf verschiedenartige Erregungen reagirt — lässt sich indessen auf dem jetzigen Standpunkt unseres Wissens nicht demonstriren. Die sensiblen Stränge des Bauchstrangs nehmen die sensiblen Fasern jeder Körperhälfte streng bilateral auf, und im Bauchstrang sind sie auch grösstentheils bilateral getrennt; jedoch ist dies letztere nicht so streng durchgeführt wie v. Lenhossék meint, denn hier und da sieht man in das Mittelfeld Fasern von den beiden Körperhälften hineinziehen, die sich berühren und sogar dort kreuzen.

Jedenfalls liegt beim Regenwurm ein sehr schönes und für die Nervenlehre sehr erläuterndes Beispiel des nervösen Mechanismus vor: die schon tief im Thierreich scharf durchgeführte Trennung der sensiblen und motorischen Elemente, ihre Arbeitsvertheilung und die Einwirkung der ersteren auf die letzteren durch Contakt.

Vor Allem ist es aber vom phylogenetischen Gesichtspunkt aus von grossem Interesse, dieses Stadium der Ausbildung des nervösen Mechanismus des Thierkörpers kennen zu lernen, ein Stadium, wo alle sensiblen Zellelemente, ohne nähere Differenzirung in besondere Arten, noch in der äusseren Körperhaut belegen sind. Die Kenntniss von diesem Baue bildet einen besonders erläuternden Hintergrund für unsere Auffassung in Betreff der nervösen Einrichtungen bei den höheren Thieren, wie v. A. die oben erwähnten neuen Lehren vom Bau des Riechorgans der Säugethiere uns gelehrt haben.

Gewiss sind hier im Einzelnen noch manche interessante Thatsachen nachzuweisen. Die Golgi'sche Methode hat bei den Evertebraten nicht nur Vieles, was durch die Methylenmethode dargelegt wurde, bestätigt, sondern noch mehrere schöne und weittragende Ergänzungen gebracht. Gewiss sind bei anderen Evertebraten in dieser Hinsicht viele Entdeckungen zu erwarten.

In Betreff der übrigen in die Zusammensetzung des Bauchstrangs eingehenden Theile stimme ich v. Lenhossék darin bei, dass die drei Kolossalfasern oder Neurochorden kaum wie andere Nervenfasern aufgefasst werden können. Nie sieht man dieselben sich verzweigen, nie aus Zellen entspringen. Sie färben sich nicht durch die Golgi'sche Methode; nur ihre Scheide färbt sich, theils in einer unregelmässig-faserigen Zeichnung, theils mit einer scharf ausgeprägten Feldermosaik, welche auf eine Zusammensetzung der fraglichen Scheidenschicht aus Endothelzellen hinweist (Taf. I, Fig. 3). Im Bauchstrang sieht man oft schön gefärbte, verzweigte Zellen, die einer Art Neuroglia entsprechen oder gar als Bindegewebszellen aufzufassen sind. In der Fig. 2 der Taf. V habe ich eine solche Zelle in *bz* abgebildet.

Die Blutgefässe zeigen oft braune, ringförmige Bänder, welche wohl als gefärbte Muskelzellen zu deuten sind; dieselben sind an den Enden zugespitzt und zeigen oft einen längsfaserigen Bau (Taf. IV, Fig. 1, 2 *mb*). Im Ganzen ähneln sie in ihrer Form und Anordnung sehr den von mir bei anderen Annulaten an den Gefässen durch Methylenblau dargestellten Muskelfasern.

Es ist diesmal nicht meine Absicht, auf die Frage von den Nerven der Eingeweide einzugehen. Ich kann jedoch nicht umhin, die Nerven des Mundepithels kurz zu besprechen. Dieses Epithel (Taf. VI, Fig. 7) ist die direkte Fortsetzung der Epidermis des Kopftheils und besteht ebenfalls aus einer von einer Cuticula (*c*) bedeckten hohen Zellenschicht, in welcher man durch die Golgi-Methode zwei Zellenarten unterscheiden kann, nämlich erstens *Stützzellen* (*st*) von ganz ähnlicher Natur, wie die der Epidermis; zweitens sehr schmale Gebilde (*sz*), welche bei flüchtiger Betrachtung nur als feine Nervenfasern imponiren, die aber bei genauerer Untersuchung oben, in der Nähe der Cuticula, sich schmal-kolbenförmig erweitern. Ich fasse diese Gebilde als Sinnesnervenzellen (Geschmackszellen?) auf und glaube in ihnen einen schmalen spindelförmigen Kern zu sehen. Diese Zellen setzen sich direkt in feine Fasern fort, welche senkrecht durch das Epithel in die unterliegende Schicht (Muskelschicht) eintreten und eine Strecke weit einzeln verfolgbar sind. Von ihnen sah ich indessen nicht wie an den Fortsätzen der entsprechenden Zellen der Epidermis Seitenäste entspringen, die ein subepitheliales Geflecht bilden, obwohl hier einzelne tangential verlaufende Nerven sichtbar sind. In einem Präparate glaubte ich ins Epithel senkrecht und fast bis zur Cuticula emporsteigende, sogar sich theilende und frei endigende Nervenfasern zu sehen; indem aber solche Bilder nicht weiter erschienen, dürften es wohl nur die erwähnten feinen Zellen sein, welche freie Nervenendigungen vortäuschten.

2.

Die nervösen Elemente der Kleinhirnrinde.

Taf. VII—IX.

Wie ich oben in dem Vorworte hervorgehoben, habe ich mich entschlossen, hier ein paar Mittheilungen über Untersuchungen aus dem Gebiete der höheren Hirnhistologie zu inseriren, welche zwar nichts wesentlich Neues enthalten, deren Veröffentlichung mir jedoch aus folgendem Grunde indicirt zu sein scheint. Die durch Golgi angebahnten, durch Ramón y Cajal und Kölliker mit bewunderungswürdiger Geschicktheit fortgesetzten und in neuester Zeit auch von von Lenhossék und Van Gehuchten in mehreren Richtungen bestätigten und erweiterten Errungenschaften, welche durch die von Golgi erfundene Chromsilbermethode auf dem Gebiete des Centralnervensystems und der Sinnesorgane gewonnen worden sind, scheinen, wie ich noch in letzter Zeit mehrmals erfahren habe, von hervorragenden Fachmännern angezweifelt zu sein.

Ich finde es deshalb angemessen, obwohl die fraglichen Ergebnisse schon in so überzeugender Weise constatirt worden sind, auch meine Befunde in Verbindung mit einigen meiner Abbildungen mitzutheilen, um vielleicht dazu beizutragen, den neuen Lehren ein noch allgemeineres Zutrauen zu verschaffen. Jede Bestätigung kann wenigstens dazu beitragen, die Fachmänner anzumahnen, die fraglichen Ergebnisse selbst zu prüfen. Ein jeder, welcher eine längere Zeit mit der Golgi'schen Methode gearbeitet hat, wird gewiss zugestehen, dass dieselbe, so launenhaft und in unerklärter Weise unsicher sie auch bis jetzt gewesen sein mag, jedoch zu den Methoden gehört, welche die positiv sichersten Resultate liefern, sowie dass sie speciel auf dem Gebiete des Nervensystems unübertroffen ist. Sie hat sogar in wenigen Jahren zu wunderbaren Ergebnissen geführt und unsere Kentnisse vor Allem in Betreff des centralen Nervensystems in ungeahnter Weise bereichert.

Ich habe diesmal die Kleinhirnrinde und das Riechorgan gewählt, weil diese beiden Themata mir als besonders instructiv erscheinen, um ein »Bekenntniss» in Betreff der neuen Lehren abzugeben. Da aber das erste Thema schon von Ramón y Cajal, Kölliker und Van Gehuchten in fast übereinstimmender Weise dargestellt worden ist, kann ich mich ganz kurz fassen. Ich werde deshalb nur eine ganz gedrungene Beschreibung der in die Zusammensetzung der Rinde des Kleinhirns der Wirbelthiere eingehenden Elemente geben.

Die Kleinhirnrinde enthält in ihren beiden eigentlichen Rindenschichten, der sog. Molekularschicht und der Körnerschicht, sowohl von Zellen wie von Fasern so verschiedene, scharf ausgeprägte Typen in bunter Anordnung dicht neben einander gelagert, dass man kaum anderswo im Centralnervensystem etwas Derartiges antrifft. Es sind wenigstens vier verschiedene Arten von Nervenzellen und noch mehr von Fasern vorhanden.

Ich fange mit den grössten Zellen an, welche schon in der ersten Jugendzeit der Histologie entdeckt wurden.

Die *Purkinje'schen Zellen* gehören bekanntlich zu den ihrer Form nach am meisten differenzirten Ganglienzellen des Körpers. Trotzdem dass sie schon eine verhältnissmässig lange Geschichte haben, sind sie jedoch in ihrem Typus erst durch Golgi richtig aufgefasst und beschrieben worden. Dieser Forscher zeigte nämlich, dass die von dem grossen Zellkörper nach aussen in reichlicher Weise verzweigten Protoplasmafortsätze, die Dendriten, ohne Anastomosen einzugehen, frei enden und nicht, wie vorher angegeben wurde, an der Oberfläche des Kleinhirns umbiegen und in rückwärts laufende Nervenfasern übergehen; ferner legte Golgi bekanntlich auch dar, dass der nach der inneren weissen Substanz ziehende Axencylinderfortsatz des Zellkörpers nicht, wie man vorher ange-

nommen hatte, unverzweigt ist, sondern im Gegentheil feine Seitenäste abgiebt, welche hier und da, besonders während des Verlaufes durch die Körnerschicht, abgehen und zum Theil in die Molekularschicht eindringen, um an dem verwickelten Nervenfasersystem derselben theilzunehmen. Ramón y Cajal bestätigte im Jahre 1889 diese Angaben: »die collateralen Aeste des Axencylinderfortsatzes», sagt er, »zwei oder drei an der Zahl, bieten auch eine bemerkenswerthe Dicke dar und richten sich nach oben, um in der Molekularschicht zu endigen». Die Protoplasmafortsätze sind in der That, wie schon vorher angegeben war, der Quere nach abgeplattet, und ihre ganze Ebene ist in derselben Richtung gestellt; alle die secundären und tertiären Aeste derselben sind mit kurzen, vertikal inserirten Stacheln versehen. In seiner Arbeit über das Kleinhirn (1890) bestätigte Kölliker, dass der Axencylinderfortsatz Seitenäste abgiebt, die in die Molekularschicht zurücklaufen; in Betreff der Protoplasmafortsätze bemerkt er, dass er sie oft ganz glatt ohne die Unebenheiten, Spitzchen und Körnchen, die sie sonst häufig besitzen, gesehen hat; ferner betont er, dass sie nicht anastomosiren; »ihr Ende findet sich *fein auslaufend* einmal in der ganzen Dicke der Molekularschicht, und dann in der Nähe der äusseren Oberfläche der Windungen, wo dieselben meist bogenförmig sich umbiegen». Verbindungen derselben mit der Pia oder den Gefässen vermochte er nicht nachzuweisen, eben so wenig mit den longitudinalen Fäserchen. Van Gehuchten's Darstellung schliesst sich hauptsächlich derjenigen von Ramón y Cajal und Kölliker an; mit Ramón y Cajal bemerkt er, dass die Zellen bei der Geburt noch nicht fertig entwickelt sind und mit ihren Protoplasmafortsätzen noch nicht die Oberfläche des Hirns erreicht haben; sie sind dann noch von der embryonalen äussern Körnerzone bedeckt.

Ich kann mich auch dieser Auffassung vom Bau der Purkinje'schen Zellen anschliessen. Von dem grossen, rundlich-ovalen oder birnförmigen Zellkörper, dessen Lagerung in einer bestimmten Schicht dicht unter der Molekularschicht seit lange richtig beschrieben wurde, gehen in der Regel gesonderte, oder auch anfangs zu einem sehr kurzen Stamm vereinigte *Protoplasmafortsätze* schief und divergirend nach aussen hin ab und verzweigen sich in einer gegen die Längsrichtung der Windungen transversalen Ebene, also grösstentheils sagittal. Die Verzweigungsweise ist in der Regel eine echt dichotomische; die gröberen, schön gebogenen Aeste erscheinen im Ganzen ziemlich glatt, nur hier da mit ganz kurzen und feinen Höckern versehen. Die von den gröberen Zweigen abgehenden Aeste — in der Figur der Taf. IX habe ich ein paar Zellen abgebildet — erhalten einen veränderten Charakter; sie werden moosähnlich, wie mit kurzen, senkrecht gestellten, feinen, am freien Ende oft etwas kolbig angeschwollenen Stacheln oder Aestchen dicht besetzt. Früher glaubte ich zwar nicht an die natürliche Beschaffenheit dieser Astbesetzung, ich habe mich aber später mit Ramón y Cajal davon bestimmt überzeugt. Die seitlichen Aeste der Zellen enden in jeder Höhe der Molekularschicht, die tiefsten sogar neben dem Zellkörper; die äussersten (obersten) Enden der Aeste ragen bis zur äussersten Oberfläche der Rinde, bis zur Pia, empor, ohne jedoch mit der letzteren Verbindungen einzugehen; an der Oberfläche angelangt, endigen sie entweder direkt oder auch nach einer Umbiegung. Die Aeste anastomosiren *nie* mit einander und verbinden sich auch nicht mit anderen Elementen. Sie laufen in der Regel nicht fein und spitz aus, sondern behalten bis zum Ende ihre moosähnliche, etwas klumpige Beschaffenheit. Die ganze Verzweigung ist sehr reich, und die Aeste liegen bei starker Färbung recht nahe aneinander; die echte Dichotomie ist an den feineren Verzweigungen weniger ausgesprochen, indem oft ein Hauptast vorliegt, welcher mehrere kleinere seitliche Aeste abgiebt. Von den grossen Stammzweigen entspringen ebenfalls manche kleinen Seitenäste, welche, moossig werdend, ungetheilt oder dichotomisch verzweigt endigen (Taf. IX, pz^1). Beim Embryo entwickeln sich diese Protoplasmaäste nur langsam, und beim neugeborenen Säugethier sind sie noch wenig ausgebildet; beim 7-tägigen Kaninchen (Taf. VII, Fig. 1 *a*; Taf. VIII, Fig. 1) haben sie nur etwa die halbe Höhe der Molekularschicht erreicht; sie sind nämlich noch, wie Ramón y Cajal und Van Gehuchten bemerkt haben, von der eigenthümlichen embryonalen Zellenschicht bedeckt, welche immer mehr reducirt wird.

Der vom inneren Ende des Zellkörpers in der Regel mit konischem Fusse entspringende *Axencylinderfortsatz,* der nunmehr gewöhnlich sogenannte *nervöse Fortsatz,* zieht in ziemlich directem, nur schwach gebogenem oder zackigem Verlaufe nach unten-innen gegen die Markausstrahlung hin. Die Fortsätze sämmtlicher Purkinje'scher Zellen eines Windungsquerschnittes convergiren also nach einer centralen Partie desselben. In der Fig. 1 der Taf. VIII habe ich ein solches Präparat abgebildet, wo nur die Purkinje'schen Zellen mit ihren Fortsätzen gefärbt waren. Die Axencylinderfortsätze sind ziemlich dick und erscheinen oft hier und da mit Varicositäten versehen. Von ihnen gehen entweder rechtwinklig oder mit nach aussen hin spitzem Winkel die von Golgi entdeckten Seitenäste ab, welche indessen in der Regel nicht hinreichend gut beschrieben und abgebildet worden sind. Beim

jungen Kaninchen habe ich besonders erläuternde Präparate von ihnen erhalten und in der Fig. 1 der Taf. VIII eine Anzahl derselben abgebildet. Auf der Taf. VII sind ebenfalls einige zusammen mit anderen Elementen der Rinde dargestellt. Von jedem Axencylinder gehen 2—3 feinere Seitenäste ab, welche sich entweder bald wieder ein- bis zweimal dichotomisch theilen oder auch ungetheilt in die Gegend der Purkinje'schen Zellenkörper begeben. Hier, an der Grenze der Molekularschicht, verzweigen sie sich indessen sämmtlich — die früher getheilten sowohl wie die bisher ungetheilten — und ziehen mit weit gesperrten Aesten, welche die Zellenkörper anderer Purkinje'scher Zellen umstricken, in die Molekularschicht hinein; einige dieser Aeste verlaufen oft in tangentialer Richtung (in der Schicht der Purkinje'schen Zellen), ehe sie umbiegen und in die Molekularschicht eintreten; vor diesem Eintritt verzweigen sie sich noch mehrmals, und die in die Schicht einziehenden Aeste sind fein und varicös; einige steigen nicht hoch in die Molekularschicht empor, andere erreichen mehr als die halbe Höhe; möglicherweise können sie bei weiterer Entwicklung noch höher emporziehen. Jedenfalls enden sie hier mit freien Enden und gehen keine direkte Verbindungen unter sich oder mit anderen Elementen ein. Die dem Zellkörper am nächsten vom Axencylinderfortsatz entspringenden Seitenäste endigen dem Zellkörper näher, die weiter hinab entspringenden dagegen von ihm entfernter, wie aus der Fig. 1 der Taf. VIII hervorgeht. Hier sind übrigens nicht alle im Präparate sichtbaren Seitenäste abgebildet, um das Bild nicht zu verwickelt zu machen.

In der sog. *Molekularschicht* sind seit langer Zeit Zellen gesehen worden, über deren Natur man unsicher war. Seit Golgi kann man sie indessen als Nervenzellen betrachten, obwohl er das Verhalten ihrer Ausläufer nicht genauer verfolgen konnte. Es gehört zu den grossen Verdiensten Ramón y Cajal's dieses nachgewiesen zu haben. Die meisten dieser Zellen, jedenfalls die in der inneren Hälfte der Molekularschicht befindlichen, senden ihren nervösen Fortsatz — ich werde ihn, wie die übrigen neueren Forscher, in dieser Weise lieber wie Axencylinderfortsatz nennen, obwohl ich bis auf Weiteres der Ansicht huldige, dass die übrigen Fortsätze auch gewissermassen »nervös» functioneller Natur sind — transversal durch die Molekularschicht der Windung und in der Regel einen anderen Fortsatz ebenfalls transversal in entgegengesetzter Richtung. Diese Zellen, deren Zellkörper bekanntlich klein ist und in der Regel eine ovale oder spindelförmige Gestalt hat, machen deshalb oft, besonders auf Tangentialschnitten (Taf. VII, Fig. 2), den Eindruck oppositipol-bipolarer Zellen, und sie sind in der That oft von einem derartigen Typus; in sehr vielen Fällen gehen aber schon vom Zellkörper selbst noch ein oder zuweilen sogar mehrere Fortsätze nach aussen hin, welche sich weiter dichotomisch verzweigen; diese letzteren, die sog. *aufsteigenden* Fortsätze, welche offenbar echten Protoplasmafortsätzen oder Dendriten entsprechen, divergiren oft stark von einander, haben einen etwas wellig gebogenen oder gezackten Verlauf und lassen sich bei guter Färbung oft bis zur äussersten Oberfläche der Molekularschicht verfolgen, wo sie, knotig-varicös werdend, in der Regel tangential umbiegen und noch eine Strecke in dieser Richtung in etwas welligem Verlauf den Weg fortsetzen, um zuletzt frei zu endigen; nicht selten sah ich hierbei ihre Endausläufer gleichsam knotig verdickt, was doch vielleicht von einer unregelmässigen Ausscheidung des Chromsilbers herrühren kann. Ramón y Cajal, Kölliker und Van Gehuchten bemerken, dass die aufsteigenden Fortsätze mit ihren Endästen theilweise die Oberfläche der Molekularschicht erreichen, das Umbiegen und der weitere tangentiale Verlauf mancher Endäste scheint aber bisher nicht hinreichend betont zu sein.

Zu den Protoplasmafortsätzen, den Dendriten, dieser Zellen gehören aber ferner auch der eine der beiden oppositipol entspringenden Fortsätze. Mit den anderen erwähnten Forschern sehe ich nämlich in allen sicher verfolgbaren Fällen den einen dieser beiden Fortsätze sich nach kürzerem oder längerem Verlauf in feine, varicöse Fortsätze auflösen, welche nach verschiedenen Richtungen, bald nach aussen, bald nach innen ziehen; zuweilen sah ich auch die Endäste derselben die Körnerschicht erreichen und in sie eindringen (Taf. IX rechts, unten). Der zweite oppositipol entspringende Fortsatz dieser Zellen ist am Ursprung entweder dicker und giebt dann bald einen oder mehrere emporsteigende Dendriten ab, um sehr verfeinert seine transversale Bahn einzuschlagen; oder auch ist er schon vom Anfang an sehr schmal und fein und verläuft sogleich echt transversal. Es ist gerade das weitere Verhalten dieses transversalen in der einen oder andern Weise entspringenden Fortsatzes, welches Ramón y Cajal in so schöner Weise dargelegt hat. Oft färben sich in den Präparaten fast nur diese Nervenzellen und ihre Fortsätze, bisweilen jedoch in solcher Zahl, dass eine genaue Erledigung nur schwer wird; in anderen Fällen färben sie sich in einzelnen Gruppen, und dann lassen sich die Fortsätze unschwer verfolgen. Zuweilen biegt der Fortsatz nach kurzem transversalem Verlauf nach innen um und sendet sogleich einen Ast zu einer naheliegenden Purkinje'schen Zelle, welche er in unten zu beschreibender Weise umstrickt (Taf. IX, unten, an der tiefsten Stelle einer Furche); der

Hauptast setzt sich aber auch hier weiter fort, um in gleicher Weise einige etwas entfernter liegende Purkinje'sche Zellen zu umspinnen, ohne jedoch weit zu reichen. Meistentheils laufen aber diese transversalen Fortsätze eine weite Strecke, obwohl nicht ganz gerade, sondern in mehr oder weniger ausgeprägten Biegungen, bald nach oben oder unten, bald nach den Seiten hin, um dann wieder in ihre frühere Bahn einzuschlagen. Während dieses Verlaufes geben sie zwei Arten von Aesten ab, nämlich erstens hier und da feine, bald nach aussen, bald nach innen, bald seitlich verlaufende, varicöse Aestchen, welche nach weiterer dichotomischer Verzweigung in der umgebenden Molekularschicht frei endigen (Taf. VII, Fig. 2; Taf. IX). Zweitens zweigen sich vom feinen Hauptstamm in gewissen Entfernungen Aeste ab, welche constant nach innen ziehen und dabei entweder schief oder mehr gerade, oft aber umbiegend oder geknickt und fast stets unter merkbarer Verdickung zu den angrenzenden Purkinje'schen Zellen ziehen, um sie in sehr bemerkenswerther Weise zu umstricken. In der Regel geht von jedem Zellenfortsatz zu je einer Zelle nur ein solcher *herabsteigender* Ast ab; zuweilen scheinen jedoch Ausnahmen von dieser Regel vorzukommen. Stets bekommt jede Purkinje'sche Zelle solche umstrickende Aeste von verschiedenen — zwei oder drei — Zellenfortsätzen. Es bilden in dieser Weise die umstrickenden Aeste eine Art Korbwerk um jede Purkinje'sche Zelle. Kölliker hat deshalb diese Zellen der Molekularschicht, welche durch ihre Fortsätze die Körbe bilden, die *Korbzellen* genannt. Die Körbe sind in der That sehr auffallende und für die Nervenlehre belehrende Bildungen. Wie schon bemerkt wurde, werden die Aeste, welche die Körbe constituiren, allmählig dicker und erreichen neben dem Zellkörper der Purkinje'schen Zellen oft eine ansehnliche Dicke. Hin und wieder, jedoch nicht oft, sieht man sie während des hinabsteigenden Verlaufes ganz kleine, frei endigende Seitenäste abgeben; neben dem Zellkörper der Purkinje'schen Zellen verzweigen sie sich echt dichotomisch oder mit kleineren, in spitzem Winkel entspringenden Seitenästen in so wechselnder Weise, dass eine kurz gefasste Beschreibung der verschiedenen Gebilde kaum möglich ist, um so viel mehr, als ein Blick auf die Figur (Taf. IX), wo die meisten typischen Formen abgebildet sind, viel instructiver ist. Die Endäste der Korbfasern verflechten sich nämlich mit einander in mancherlei Weise, ohne jedoch unter sich irgend welche Anastomosen einzugehen; manche feinere Aeste bekommen ein perlenschnurartiges, varicöses Aussehen; einige sind so fein und verästeln sich so reichlich, dass man sie nur in geeigneter Lage und bei stärkerer Vergrösserung genau verfolgen kann (Taf. IX, unten in der Figur). Fast alle umstrickende Fasern streben gegen das innere Ende der Purkinje'schen Zellen, wo der Axencylinderfortsatz entspringt; hier bilden sie durch reichliche, sogar büschelförmige Verästelung ein so dichtes Gewirr, dass die ganze Astpartie oft nur wie ein dunkler Knoten erscheint (s. eine Zelle links in der Figur). Viele Korbfasern verästeln sich erst, nachdem sie die innere Partie der Zellen erreicht haben. Wie Ramón y Cajal gezeigt hat, senden nun ferner die Korbfasern Aeste ab, welche den Ursprung des Axencylinderfortsatzes trichterförmig umgeben und, ihn umspinnend, mehr oder weniger bald spitz auslaufen. In der Figur der Taf. IX habe ich eine Reihe solcher Fälle abgebildet. In einem Falle (unten, links) war der Axencylinderfortsatz selbst gefärbt, und man konnte ihn im Korbtrichter leicht verfolgen. Die Purkinje'schen Zellen und ihre Fortsätze färben sich sonst in der Regel nicht gleichzeitig mit den Korbzellen und ihren Fortsätzen. Es ist aber sehr leicht, die glänzenden Zellkörper der Purkinje'schen Zellen im Innern der Körbe wahrzunehmen.

Wie verhalten sich nun die Endäste der fraglichen transversalen Fortsätze der Korbzellen? Sie biegen sich, wie Ramón y Cajal, Kölliker und Van Gehuchten es beschrieben haben, ebenfalls nach innen um und umstricken, in ganz derselben Weise wie ihre Seitenäste, entfernter liegende Purkinje'sche Zellen.

Mit den eben genannten Forschern bin ich nun, wie oben bemerkt wurde, auch geneigt, diese transversal verlaufenden Fortsätze als echt »nervöse» zu betrachten, im Gegensatze zu den übrigen protoplasmatischen, welche wohl eine andere Function haben mögen, die jedoch auch »nervöser» Art sein kann.

Bei der Durchmusterung der Präparate sieht man Korbzellen in jeder Höhe der inneren Hälfte der Molekularschicht, sogar an ihrer innersten Grenze und unter ihr, dicht neben dem Zellkörper der Purkinje'schen Zellen (Taf. IX, unten in der Figur); auch in diesen Fällen steigen Protoplasmafortsätze nach aussen und seitwärts hin, während der transversale Fortsatz an der innersten Grenze der Molekularschicht weiter verläuft, um Seitenäste abzugeben, welche zu echten Korbfasern der Purkinje'schen Zellen werden.

In der äusseren Hälfte der Molekularschicht liegen aber auch bekanntlich *kleine Nervenzellen* zerstreut (Taf. IX, links); dieselben befinden sich ohne merkbare Gruppirung bald in der Nähe der Oberfläche, bald tiefer unten; ihr Zellkörper ist oval oder spindelförmig, bald mit der Längsaxe tangential, bald vertikal gestellt. Vom Zellkörper

gehen zwei, drei oder zuweilen noch mehr Fortsätze ab, welche nach verschiedenen Richtungen ausstrahlen und weiter verästelt frei endigen. Fast immer steigen einige dieser Fortsätze nach innen hinab, ohne dass es mir gelungen ist, dieselben bis zur unteren Grenze der Molekularschicht zu verfolgen. Einen nervösen Fortsatz von den protoplasmatischen zu unterscheiden, gelang mir ebenfalls nicht. Hoffentlich werden fortgesetzte Untersuchungen auch die etwas mystische Natur dieser Zellen erklären können.

Auf manchen Querschnitten der Windungen, in welchen die Korbzellen mit ihren transversalen Fortsätzen gefärbt sind, bemerkt man zwischen denselben dunkle Punkte, welche oft dicht stehen. Es sind dies die Querschnitte der von Ramón y Cajal in so schöner Weise demonstrirten und aufgeklärten *Longitudinalfasern,* deren Ursprung aus den Körnerzellen der Körnerschicht der spanische Forscher ebenfalls entdeckte, wodurch er unsere Kenntniss vom Bau des Kleinhirns, wie von so vielem anderen, wesentlich bereicherte. Ich gehe nun zu der Beschreibung dieser Zellen über. Die frühere Geschichte der Körnerzellen ist schon mehrmals mitgetheilt worden, weshalb ich hier darauf verzichte. Durch Golgi gewannen wir eine einigermassen sichere Kenntniss in Betreff ihrer Fortsätze; Ramón y Cajal entdeckte aber zuerst den wahren Verlauf ihres Axencylinderfortsatzes (des nervösen Fortsatzes), ebenso die Endigungsweise der Protoplasmafortsätze. Kölliker und später Van Gehuchten haben beides bestätigt.

Die *Körnerzellen* färben sich oft in schönster Weise, aber nie sämmtlich; man findet sie deshalb nur vereinzelt hier und da in verschiedener Höhe in der Körnerschicht; deshalb kann man sich nicht der Frage erwehren, ob alle Körner in derselben Weise gebaut sind, oder ob es vielleicht nur ein Theil derselben ist. Alle, welche in den Präparaten gefärbt hervortreten, haben jedoch einen scharf ausgeprägten, sehr interessanten Typus. Von dem kleinen, rundlich-ovalen Zellkörper gehen nach verschiedenen Richtungen 3—5 verhältnissmässig starke Fortsätze ab, welche hier und da ein wenig höckerig sind und nach kurzem Verlaufe in ein kleines Büschel von Endästen übergehen, welche sich oft wieder theilen, aber bald frei, nicht selten mit rundlichem Endknopf auslaufen. Diese eigenthümlichen Endbüschel liegen zwischen den nahe daran befindlichen Körnerzellen eingesprengt und biegen sich oft handförmig oder schalenförmig um dieselben, bald sieht man die Endverzweigung mehr gerade ausgestreckt. Zuweilen theilt sich ein Fortsatz in zwei schmälere, welche dann divergirend in je ein kleineres Büschel auslaufen. Die Zellen, welche dicht nach innen von den Purkinje'schen Zellen liegen, kehren gewöhnlich ihre Fortsätze hauptsächlich nach innen hin; die aber, welche neben der Markausstrahlung sich befinden, kehren die Fortsätze mehr nach aussen hin (Taf. VII, Fig. 1 *c*). Die Zellkörper der Körnerzellen sind nicht alle von ganz gleicher Grösse; man kann grössere und kleinere Zellen unterscheiden; jedoch ist dieser Unterschied im Ganzen unbedeutend, und die Zellen sind übrigens gleich gestaltet. Die beschriebenen Fortsätze sind, wie erwähnt, alle auffallend kurz; nur sehr selten sieht man einen derselben die übrigen um die Hälfte seiner Länge überragen; viele Fortsätze sind indessen in den Präparaten in perspektivischer Verkürzung zu sehen, weshalb sie ausserordentlich kurz erscheinen.

Nun geht aber entweder vom Zellkörper selbst, mit konischem Fusse, oder weit gewöhnlicher von einem der eben beschriebenen Fortsätze — bald näher am Zellkörper, bald entfernter von ihm, sogar oft dicht am Endbüschel — noch ein fadenförmiger Fortsatz ab, welcher geschlängelt und unverzweigt nach der Molekularschicht emporsteigt, um zwischen die Purkinje'schen Zellkörper in diese Schicht einzutreten. Hier verläuft er in etwa vertikaler Richtung noch eine Strecke weiter, um bald tiefer, bald höher sich in zwei gleich dicke Fasern zu theilen, welche nach entgegengesetzten Richtungen longitudinal, d. h. in der Längsrichtung der Windungen, verlaufen. Es sind dies die oben schon erwähnten Longitudinalfasern Ramón y Cajal's. Diese feinen, gewöhnlich perlenschnurartig-varicösen Fasern verlaufen gestreckt und einander parallel (weshalb sie auch von Ramón y Cajal Parallelfasern genannt wurden), ohne jede weitere Verzweigung. Sie finden sich offenbar in allen Höhen in der Molekularschicht, obwohl sie sich in der inneren Hälfte derselben am besten färben lassen. Die äusseren stammen meistens von den mehr nach aussen hin gelegenen Körnern, die inneren dagegen von den mehr nach innen hin gelegenen.

Wie endigen nun diese longitudinalen, quer über die Ausbreitung der transversalen Fortsätze der Korbzellen und ebenfalls quer über die Ausbreitungsebenen der Purkinje'schen Zellen verlaufenden, feinen Fasern? Ich habe sie, wie Ramón y Cajal, Kölliker und Van Gehuchten, auf weite Strecken verfolgt, ohne jedoch ihr wahres Ende sicher angeben zu können. Eine gewisse Aehnlichkeit mit den sensiblen, aus den Spinalganglien stammenden, longitudinal verlaufenden Fasern des Rückenmarks lenkt gerne die Aufmerksamkeit auf ein mögliches Vorhandensein von Collateralen; solche sind aber keineswegs nachweisbar. Eine gewisse Uebereinstimmung mit den sensibeln Fasern im Bauchstrang des Lumbricus veranlasste mich nachzusehen, ob nicht möglicherweise etwaige kleine knotige Ver-

dickungen an den Faserenden zu finden seien, aber auch solche konnte ich nicht entdecken. Erstens sah ich hier und da die an sich selbst schon varicösen Fasern an den Endigungen ein wenig gebogen. Wie Ramón y Cajal fand ich ferner oft Fasern, welche, ohne Theilungsstellen zu zeigen, nach innen umbiegen und in die Körnerschicht eintreten. Hier liegt also, wie auch früher bemerkt wurde, eine Möglichkeit vor, dass die Fasern ihr Ende in der fraglichen Schicht finden. Hoffentlich werden fortgesetzte Untersuchungen diese interessante Frage endgültig lösen können.

In der Körnerschicht entdeckte endlich Golgi eine bis dahin unbekannte Art grosser Zellen, welche nach der Molekularschicht mehrere verzweigte Fortsätze, die als protoplasmatische zu bezeichnen sind, nach der Körnerschicht aber auch einige verzweigte Fortsätze entsenden. Entweder aus einem der letzteren oder aus dem Zellkörper selbst entspringt ein feinerer Fortsatz, welcher sich in der Körnerschicht zu einem reichlich verästelten Geflecht auflöst, dessen Maschen die Körner umstricken. Golgi führte diese Zellen, welche er bald mehr nach aussen, sogar neben den Purkinje'schen Zellen, bald tiefer unten antraf, zu seinem zweiten Ganglienzellentypus hin, bei dem der nervöse Fortsatz sich auflöst und seine Individualität verliert. Er gab von ihnen gute Abbildungen. Ramón y Cajal, Kölliker und Van Gehuchten haben seine Angaben bestätigt, und ich kann nur dasselbe thun. Beim Kaninchen und Hunde sah ich oft solche Zellen, bald nur vereinzelt, bald zu kleinen Gruppen von 2—4 an demselben Schnitte. Mit Van Gehuchten finde ich sie nicht eigentlich sparsam vorhanden, indem sie zuweilen recht dicht liegen; in anderen Fällen sucht man sie aber vergebens, was jedoch von der ausgebliebenen Färbung herrühren kann. Man trifft sie bald in einer Reihe mit den Purkinje'schen Zellen, bald tiefer hinab, zuweilen sogar ganz neben der Markstrahlung. In der Figur 1 der Taf. VII habe ich in *d* drei solche Zellen beim 7-tägigen Kaninchen abgebildet, von denen die unterste eine schöne Verzweigung des nervösen Fortsatzes giebt. Die schönsten Beispiele dieser Art sind jedoch die beiden von Van Gehuchten abgebildeten Zellen. Was die äusseren, in die Molekularschicht eintretenden und sich dort verzweigenden Protoplasmafortsätze betrifft, so waren sie beim 7-tägigen Kaninchen offenbar noch nicht fertig; bei den von mir abgebildeten zwei äusseren Zellen waren die Fortsätze jedoch etwa so weit vorgedrungen wie die Dendriten der Purkinje'schen Zellen, d. h. fast bis zur äusseren embryonalen Zellenzone.

Kölliker hat diese Zellen »die grossen Körnerzellen» genannt. Ich möchte sonst gerne diesen Namen benutzen. Abgesehen davon, dass der Name Körnerzellen im Ganzen — auch für die kleinen Zellen — wenig passend zu sein scheint, so ist indessen meiner Auffassung nach diese Art von Zellen von den kleinen Körnerzellen ihrem Wesen und Typus nach so sehr verschieden, dass sie wohl von ihnen auch durch den Namen scharf unterschieden werden müssen. Um einen nicht präjudicirenden Namen zu wählen, nenne ich sie deshalb nach ihrem Entdecker »*die Golgi'schen Zellen*» der Kleinhirnrinde.

In derselben Lage wie diese Zellen sah ich hin und wieder auch ganz kleine multipolare Zellen, welche einen ähnlichen Typus zeigten und wahrscheinlich zu derselben Art gehören, obwohl sich dies nicht beweisen liess. In der Figur 1 der Taf. VII habe ich in *d'* oben links eine solche Zelle abgebildet; die Beschaffenheit ihrer Fortsätze lässt sie leicht von etwaigen Neurogliazellen unterscheiden.

Nachdem ich also die verschiedenen Formen von Nervenzellen in der Kleinhirnrinde besprochen habe, erübrigt mir noch, die eigenthümlichen, zuerst von Ramón y Cajal geschilderten *Faserarten* zu behandeln, welche nicht von Zellen der Kleinhirnrinde entspringen, sondern aus der Markstrahlung kommen und in der Rinde endigen. Die eigenthümlichsten von diesen Faserarten sind die *Moosfasern* (Fibras musgosas, fibres mousseuses). Von Ramón y Cajal entdeckt sind sie auch von ihm am eingehendsten beschrieben worden. Bei Vögeln und jungen Säugern sah er sie von der Markstrahlung aus die Körnerschicht durchspinnen, in derselben sich reichlich verzweigen und in gewissen Abständen sich mit rosettenförmigen Efflorescenzen versehen; diese sonderbaren, aus einer Anzahl kurzer Stacheln bestehenden Efflorescenzen sind sowohl an Theilungsstellen der Fasern vorhanden, wie auch anderwärts im Verlaufe der Fasern zu beobachten. Die Fasern endigen mit solchen Rosetten und hängen nicht mit Zellen oder anderen nervösen Elementen des Kleinhirns zusammen. Die Ausbreitungszone jeder Faser ist sehr weit: bisweilen rechnet man sogar 20—30 secundäre Verzweigungen, welche mit ihren Windungen die Hälfte einer Kleinhirnlamelle einnehmen. Die kürzesten Aeste endigen in Efflorescensen in der ganzen Dicke der Körnerschicht, ganz besonders aber in der Zone der Purkinje'schen Zellen. Bei den erwachsenen Säugethieren lässt es sich mit der Golgi'schen Methode nicht nachweisen, dass diese Fasern bis in die Molekularschicht emporsteigen. Bei neugeborenen Thieren dagegen gelang es Ramón y Cajal, sie in derselben zu verfolgen; sie nehmen hier eine longitudinale Richtung an und verzweigen sich in neue Aeste.

Kölliker scheint in Betreff der Natur der fraglichen Bildungen zweifelhaft zu sein. Er sagt nämlich: »An vielen Präparaten zeigen diese Endigungen ausser leichten Varicositäten nichts Besonderes, an anderen, vor Allem bei Erwachsenen, knotige oder buschige Anschwellungen, wie die Fibras musgosas von Ramón y Cajal, doch kann ich nicht umhin, solche Bildungen für Kunstprodukte zu halten.»

Van Gehuchten stimmt dagegen in Betreff dieser Fasern Ramón y Cajal bei und bildet mehrere derselben ab.

Beim jungen Hunde und Kaninchen ebenso wie beim Huhn sah auch ich sie oft in schönster Anordnung gerade von der Art, wie sie Ramón y Cajal beschreibt. Ich schliesse mich ihm deshalb an; dass sie natürlich sind, davon habe ich mich bestimmt überzeugt, obwohl die sonderbaren Rosetten feiner Aeste anfangs sehr befremdend erscheinen. Ich sah diese Fasern (Taf. VII, Fig. 1 *mf;* Taf. VIII, Fig. 2 *mf*) die ganze Körnerschicht durchspinnen und die Gegend der Purkinje'schen Zellen erreichen; weiter in die eigentliche Molekularschicht hinein vermochte ich sie jedoch nie sicher zu verfolgen. Dass sie aus der Markausstrahlung in das Kleinhirn hineindringen und nicht mit zellulären Elementen der Rinde direkt zusammenhängen, ist offenbar. Sie anastomosiren nie unter einander, auch nicht mit anderen Fasern.

Eine zweite Form frei in der Kleinhirnrinde endigender Fasern sind die von Ramón y Cajal als *Fasern mit sternförmiger Endverzweigung* beschriebenen (»Fibres terminées à la couche moléculaire par des ramifications étoilées»). Beim Huhn und Kaninchen habe ich diese Fasern oft und gerade in der Form und Anordnung gesehen, wie Ramón y Cajal sie zuerst beschrieben und Van Gehuchten später bestätigt hat. Sie dringen aus der Markausstrahlung hervor und ziehen in buchtigen Bahnen ohne weitere Verzweigung durch die Körnerschicht bis zur Molekularschicht (Taf. VII, Fig. 1 *if;* Taf. VIII, Fig. 2 *if*). Hier theilen sie sich, indem sie oft einen feineren Ast abgeben, welcher sonderbarer Weise dem gröberen Ast genau in allem seinem Benehmen folgt. Der gröbere theilt sich dichotomisch, indem er unter rechtem Winkel Seitenäste abgiebt, welche sich wieder theilen; der feinere Ast theilt sich in fast derselben Weise und verhält sich einerlei, ohne mit den Zweigen des gröberen Astes zu anastomosiren. Beide laufen mit freien Enden aus. Diese Endverzweigung liegt bei jungen Thieren in der inneren Hälfte der Molekularschicht, scheint aber bei älteren weiter nach aussen reichen zu können. Wie die Moosfasern bilden auch diese Fasern offenbar Endverzweigungen von Fasern, welche von anderen Gegenden des Nervensystems in das Kleinhirn hineinströmen, um dort zu endigen.

Als eine dritte Art von Nervenfasern, welche in der Kleinhirnrinde ihr Ende finden, hat früher Ramón y Cajal seine »Fibres se terminant en nids pericellulaires» aufgeführt. Diese Fasern steigen ebenfalls von der Markausstrahlung empor und endigen an den oberen und seitlichen Flächen der Zellkörper der Purkinje'schen Zellen mit reichen Endbüscheln, welche diese Zellen umstricken. Ein solches »Nest» wird zuweilen von dem Endbüschel einer einzigen Faser gebildet; öfter aber treten von verschiedenen Partien der weissen Substanz zwei oder mehr Fasern zusammen und bilden gemeinsam ein derartiges perizelluläres Nest. Kölliker kannte sie nur von einem einzigen Präparate Ramón y Cajal's (von einem jungen Hunde) und wollte deshalb über dieselben vorläufig kein Urtheil abgeben. Beim jungen Kaninchen sah ich eine Anzahl von Fasern, welche offenbar dieser Kategorie angehören. Zuweilen traf ich sie nur einzeln, zuweilen gruppenweise. Ich habe eine solche Gruppe in der Fig. 1 der Taf. VII, in *hf,* abgebildet. Sie kommen aus der Markausstrahlung und ziehen, in der Regel unverzweigt, in etwas buchtigem Verlaufe nach der Molekularschicht hin. Zuweilen theilen sie sich hierbei in zwei Aeste, welche in spitzem Winkel aus einander ziehen. Alle diese Fasern und, wenn sie sich theilen, ihre Zweige erreichen die Zone der Purkinje'schen Zellen; an ihnen verästeln sie sich reichlich zu einem Endbüschel, welches offenbar sich dem Zellkörper dieser Zellen anschliesst; zuweilen sieht man, wie Ramón y Cajal sagt, nur eine Faser ein solches Büschel bilden, zuweilen treten von verschiedener Seite her zwei Fasern zu jeder Zelle und umfassen sie mit ihren Endbüscheln; wenn sich die Fasern vorher getheilt haben, sah ich sie mit ihren Aesten zu verschiedenen Zellen hinantreten, um dieselben mit ihren Endbüscheln zu umstricken. In einer späteren Mittheilung (Int. Monatschr. f. Ant. u. Phys. Bd VII, 1890) hat nun Ramón y Cajal, auf neue Untersuchungen gestützt, die Ansicht ausgesprochen, dass die hier aufgeführte zweite und dritte Art von Fasern nur verschiedene Entwickelungsstadien derselben Elemente sind, indem die mit den Endnestern versehenen jüngere Stadien der mit sternförmiger Verzweigung endigenden Fasern darstellen. Ferner hebt er hervor, dass dieselben während ihres Wachsthums an den Protoplasmafortsätzen der Purkinje'schen Zellen klettern und sich in ihrer Verzweigung denselben eng anschliessen, weshalb er diese Faserplexus als »Kletterplexus» (Plexus grimpants) aufführt.

Nach allem was ich gesehen habe, glaube ich, dass diese Ansicht Ramón y Cajal's richtig ist. Ich sah die Nesterfasern nur bei ganz jungen Thieren und traf oft Uebergangsformen zu den Fasern mit sternförmiger Endverzweigung, den Kletterplexus, welche letzteren offenbar den Verzweigungstypus der Protoplasmafortsätze der Purkinje'schen Zellen imitiren. Indessen will ich bemerken, dass die beiden Faserarten beim 7-tägigen Kaninchen, in verschiedenen Entwickelungsstadien, noch neben einander angetroffen werden. Leider ist es mir, wie Ramón y Cajal, nicht gelungen, beim erwachsenen Thiere die fraglichen Elemente hinreichend gut zu färben, um eine sichere Einsicht in ihre Natur zu gewinnen.

Endlich habe ich in der Körnerschicht oft noch eine Art faserigen Flechtwerks (Fig. 1 der Taf. VII, in *kf*) gefunden, dessen Herkunft mir zweifelhaft blieb. Es hatte eine gewisse Aehnlichkeit mit dem aus dem nervösen Fortsatze der Golgi'schen Zellen hervorgehenden Fasergeflecht und könnte möglicherweise einem solchen entsprechen, obwohl der Zusammenhang mit den Zellen in den fraglichen Präparaten nicht nachweisbar war. Als eigenthümlich erschien mir indessen der Umstand, dass die Verzweigungsweise auf eine Herkunft aus Fasern der Markstrahlung hindeutete. Dieses scharf ausgeprägte Fasergeflecht verdient jedenfalls noch näher untersucht zu werden; es ist nämlich möglich, dass es einer besonderen Art von Nervenverzweigung entspricht und aus Fasern herstammt, welche durch die Markstrahlung in die Kleinhirnrinde hineinkommen.

Ich beabsichtige diesmal nur die nervösen Elemente zu besprechen. Ich kann aber nicht umhin, die Bergmannschen Faserzellen mit ein paar Worten zu berühren, weil sie einen so integrirenden Antheil an dem Aufbau der Kleinhirnrinde haben.

Sie sind schon von Ramón y Cajal und Van Gehuchten beschrieben worden, und ich habe im vorigen Jahre solche vom menschlichen Foetus besprochen und abgebildet. Die Zellenkörper liegen in der äussersten Zone der Körnerschicht, ungefähr im Niveau der Purkinje'schen Zellen oder ein wenig nach innen von ihnen; ihre Gestalt ist sehr eckig und unregelmässig mit einem oder mehreren, nach innen gerichteten, stacheligen Fortsätzen von verschiedener Form und Dicke. Nach aussen hin ziehen vom Zellkörper zahlreiche, steif senkrecht und im Allgemeinen parallel verlaufende Fasern, welche die Oberfläche der Kleinhirnrinde erreichen und dort mit kleiner, dreieckiger Anschwellung endigen. Diese Fasern, die längst bekannten Bergmann'schen Fasern, sind in der Regel einfach, zuweilen entspringen aber mehrere von ihnen von einem äusseren dickeren Fortsatze des Zellkörpers, oder auch theilen sie sich später in spitzem Winkel. Zuweilen haben sie ein ziemlich glattes Aussehen; die meisten tragen aber kleine seitliche Zacken und Stacheln (Taf. VII, Fig. 1, oben links in *e*). Beim Embryo und bei neugeborenen und jungen Thieren, wo die äussere embryonale Zellenschicht die Oberflächenschicht der Kleinhirnrinde bildet, ziehen diese Fasern durch diese Schicht hindurch, um die Oberfläche zu erreichen.

Ich bemühte mich oft, eine Färbung der fraglichen embryonalen Zellen der Oberflächenschicht zu erhalten. Hin und wieder sah ich sie in der That durch Chromsilber gefärbt. Sie erschienen dann als kleine zackige polygonale Zellen von verschiedener Form (Taf. VIII, Fig. 1 *k*); ihre Fortsätze waren im Ganzen kurz und verhältnissmässig dick, oft abgeplattet, gleichsam durch Druck gegen die Nachbarzellen geformt.

3.

Die Endigungsweise des Riechnerven.

Taf. X.

Unter den vielen neuen und wichtigen Ergebnissen auf dem Gebiete der Nervenkunde, zu welchen die Golgi'sche Methode geführt hat, ist die Lehre vom Verhalten der Riechnerven nicht die am wenigsten interessante. Sie trägt nämlich wesentlich dazu bei, unsere Kentniss von den Einrichtungen des Nervensystems zu erweitern und zu erklären. Vor allem ist sie aber für die Auffassung in Betreff der Einrichtungen und Leitungsbahnen der Sinnesorgane erläuternd. Im Lichte der bei niederen Thieren und besonders durch v. Lenhossék's Untersuchungen über die sensiblen Nerven des Regenwurms gewonnenen Erfahrungen erweisen sich die noch bei den höchsten Thieren, den Säugern, vorhandenen Verhältnisse des Riechorgans nach ihrem histologisch-morphologischen Bau als sehr primitive, auf einem niedrigen Standpunkt stehen gebliebene Einrichtungen. Man fragte sich sodann, wie sich in dieser Hinsicht die übrigen Sinnesorgane verhalten. In Betreff der viel complicirteren Verhältnisse des *Sehorgans* haben die neuen Untersuchungen von Dogiel, Tartuferi und Ramón y Cajal schon viel Licht über das Thema geworfen; das *Geschmackorgan* ist besonders von Fusari und Panasci studirt worden; die Lehre von den *sensiblen Nervenendigungen der Haut* ist theilweise auch revidirt. Das *Gehörorgan* dagegen scheint in letzter Zeit und mit den neuesten Methoden nur sehr wenig beaufmerksamt worden zu sein. Diese Lücke habe ich nun auszufüllen versucht. Bevor ich aber zu der Darstellung von der Endigungsweise des Gehörnerven übergehe, werde ich eine kurzgefasste Mittheilung über eigene, schon längst ausgeführte Untersuchungen in Betreff der Endigungsweise des Riechnerven geben. Ich thue dies, theils um einen Hintergrund für die Auffassung der Verhältnisse im *Gehörorgan* zu liefern, theils auch um ein »Bekenntniss» von meinem Standpunkt in der wichtigen Principfrage abzulegen, um so viel mehr als es mir bekannt ist, dass die neuen Lehren auch in dieser Hinsicht von hervorragenden Histologen bis in die letzte Zeit hinein angezweifelt worden sind und deshalb noch eine Bestätigung derselben nicht ohne allen Werth sein dürfte.

Ich werde mich aber diesmal nur an den eigentlichen Kernpunkt der Frage halten: die peripherische Endigungsweise der Nervenfasern des Olfactorius und ihr Verhalten nach dem Eintritt in den Bulbus. Ich füge auf der Taf. X einige meiner Abbildungen bei. Als Material dienten mir junge Thiere (Maus, Kaninchen, Hund, Katze). Die schnelle Golgi'sche Methode wurde benutzt.

Was die Geschichte der Frage betrifft, ist sie schon mehrmals von anderen Autoren geliefert worden,[1] so dass ich sie übergehen kann. Der Gerechtigkeit halber werde ich jedoch einige Data v. A. aus der neuesten Literatur anführen.

Nachdem schon vor vielen Jahren Max Schultze den direkten Zusammenhang der Nervenfasern des Olfactorius mit den Sinneszellen (Riechzellen) beschrieben hatte, und diese Auschauung im Allgemeinen angenommen worden war, ohne dass man sie jedoch sicher beweisen konnte, gelang es Golgi in seiner neuen Chromsilberbehandlung, eine Methode zu finden, welche zu bestimmten Resultaten führte. Später scheint es auch Ehrlich gelungen zu sein, durch Methylenblau die Geruchsnervenendigungen zu färben, und Arnstein bestätigte mit derselben Methode den direkten Zusammenhang der Riechzellen mit den Nervenfasern. Dessen ungeachtet hegten gewiss noch manche Histo-

[1] S. Z. B. A. Van Gehuchten, Contributions à l'étude de la muqueuse olfactive chez les mammifères, La Cellule, t. 6; und A. Van Gehuchten & J. Martin, Le Bulbe olfactive chez quelques mammifères, La Cellule, t. VII, 1891.

logen einigen Zweifel, weil gerade in den späteren Jahren eine interzelluläre, freie Endigung der peripheren Nervenfasern an manchen Orten sicher nachgewiesen worden war, und die früher vielfach angenommene Lehre vom unmittelbaren Uebergang in Zellen immer mehr übergeben wurde.

Durch Golgi's und Ramón y Cajal's, Pedro Ramón's, Van Gehuchten's und Martin's sowie von Brunn's und v. Kölliker's Arbeiten, welche alle vermittelst der Golgi'schen Methode ausgeführt wurden, erhielt man nun eine neue Beleuchtung der ganzen Frage. Es ging daraus hervor, dass die bipolaren Riechzellen der Riechschleimhaut ihren inneren Fortsatz in der Gestalt einer Olfactoriusfaser in den Bulbus hineinsenden, wo er in je einen Glomerulus eintritt, sich in ihm verzweigt und endigt, wärend andererseits gewisse Ganglienzellen des Bulbus, die Mitralzellen, welche ihren Axencylinderfortsatz centralwärts schicken, einen Protoplasmafortsatz zu je einem (oder mehreren) Glomerulus abgehen lassen, wo er seinerseits nach reichlicher Verzweigung mit freien Enden endigt. Die Olfactoriusfasern sind also nach dieser Ansicht centripetal ziehende Fortsätze der im Riechepithel gelagerten Sinneszellen (Nervenzellen), und die centrale Verbindung ist in den Glomerulis unterbrochen, d. h. sie geschieht, wie Ramón y Cajal bestimmt prononcirte, nicht per continuitatem, sondern durch *Contakt,* wie derselbe Forscher auch auf anderen Gebieten des Centralnervensystems gefunden hatte. Merkwürdigerweise erhielt diese Lehre durch eine wichtige Entdeckung von His eine mächtige Stütze; dieser Forscher sah nämlich beim Embryo die Riechnerven sich vom Riechepithel aus zum Gehirn hin entwickeln.

Durch die Golgi'sche Methode lässt sich nun in der That die Lehre vom Verhalten der Riechzellen zu den Riechfasern, der letzteren zu den Glomerulis u. s. w. unschwer bestätigen.

Zwar färben sich, in Folge der Launenhaftigkeit der Methode, gewiss nicht immer alle diese Elemente. Wer aber etwas Ausdauer zu den Untersuchungen mitbringt, wird gewiss nach kurzer Zeit zu der Ueberzeugung gelangen, dass die fragliche Lehre stichhaltig ist. Bei neugeborenen und bei noch jungen Thieren gelingt die Färbung am ehesten.

In der *Riechschleimhaut* (Taf. X, Fig. 2) des neugeborenen oder einige Tage alten Säugers bemerkt man also auf Vertikalschnitten — ausser den kleinen Drüschen *dr,* deren Gangsystem sich oft vollständig färbt — die seit Max Schultze bekannten zwei Zellenarten, welche das Epithel wesentlich constituiren. Beide diese Zellenarten färben sich hier und da durch Chromsilber, und zwar bald die eine, bald die andere, nur zuweilen beide gleichzeitig.

In Betreff der indifferenten *Stützzellen* giebt die Methode keine neue Erfahrungen. Diese Zellen (Taf. X, Fig. 2 *st*) sind durch die früher angewandten Methoden (Zerzupfung von Osmium- oder Cromkalipräparaten u. s. w.) in ihrem Baue schon lange genau bekannt. Man gewahrt den ovalen Kern im Allgemeinen im äusseren Drittel des Zellkörpers; nach innen davon ist er gleichsam gezackt und mit mehr oder weniger entwickelten Flügelfortsätzen versehen, welche den kernführenden Theil der Riechzellen in schalenförmige Grübchen aufnehmen. Das innere Ende der Zellen läuft in zwei, drei oder mehr, verhältnissmässig dicke Fortsätze aus, welche die innere Fläche des Epithels erreichen und hier quer abgestutzt endigen, ohne in »Fasern» überzugehen.

Die zwischen den Stützzellen gelagerten *Riechzellen* (Taf. X, Fig. 2 *rz*) zeigen die ebenfalls schon längst bekannten Formen. Alle sind, wie man sagt, bipolar; d. h. sie haben einen ovalen oder spindelförmigen Zellkörper, von welchem, nach aussen, nach der Oberfläche hin, ein stark verschmälerter Fortsatz entspringt, nach innen aber ein noch viel feinerer, fadenartiger Fortsatz abgeht. Der den ovalen Kern beherbergende, verdickte Zellentheil liegt bei verschiedenen Zellen in wechselnder Höhe, bald hoch oben, bald, und dies gewöhnlicher, tiefer unten, was schon durch frühere Methoden bekannt ist. In Folge der verschiedenen Lage des Kerns ist der äussere Fortsatz von wechselnder Länge; er ist stets von etwa derselben Dicke, nur hier und da etwas knotig, und läuft fast gerade oder wenig gebogen nach der Oberfläche des Epithels, wo er oft ein kurzes, frei ausragendes Stiftchen trägt. Der innere Fortsatz läuft mit kurzem, konischem Fusse vom inneren (»unteren») Ende des kernführenden Zelltheiles aus, bald aber auch von der Seite desselben, und zieht entweder gerade oder öfter etwas gewunden nach innen hin. Er ist fadenförmig fein, hier und da perlenschnurartig-varicös. Oft biegt er sich schon unten in der Epithelschicht nach der Seite hin und läuft eine kleine Strecke in dieser Richtung, bis er in die Bindegewebsschicht der Mucosa hineintritt. Die übrigen Fortsätze treten mehr gerade in die letztere Schicht ein, biegen sich aber in ihr stets seitlich um und sammeln sich zu Bündeln, den bekannten Olfactoriusbündeln, welche nach kürzerem oder

längerem Verlauf durch die Löcher der Lamina cribrosa aus der Riechschleimhaut zum Bulbus olfactorius hinübertreten. Hier, nach dem Eintritt in den Bulbus, setzen sie sich in der Regel noch eine Strecke, zu Bündeln gesammelt, fort, um früher oder später centralwärts umzubiegen und in die Schicht der Glomeruli hineinzuziehen. Sie behalten wärend dieses Verlaufes von der Riechzelle bis zum Glomerulus dieselbe Breite, d. h. dieselbe Feinheit bei, sind oft in ihrem ganzen Laufe etwas perlenschnurartig-varicös, anastomosiren nicht und theilen sich nicht, jedenfalls nicht vor dem Eintritt in den Bulbus. Hier glaube ich auch, wie Van Gehuchten, eine Zweitheilung der Fasern gesehen zu haben; indem sie aber so dicht zu Bündeln gruppirt sind, ist es in der Regel sehr schwer, die einzelnen Fasern sicher zu verfolgen. Nachdem sie aber zu dem Glomerulus umgebogen und ihn erreicht haben, lassen sie sich genauer beobachten. Entweder kurz vor dem Eintritt in ihn oder öfter nach demselben fängt die eigentliche Verzweigung der Fasern an. Sie theilen sich dichotomisch (Taf. X, Fig. 1 *o;* Fig. 2 *o;* Fig. 6, 7, 8) mit etwas gesperrten Aesten, welche in etwas gewundenem Verlauf und unter wiederholter, reichlicher, dichotomischer Theilung den Glomerulus durchspinnen. Hierunter behalten die Aeste ungefähr die Breite des Stammastes bei oder sie verschmälern sich auffallend wenig. Bei reichlicher Färbung ist es schwer, die Faseräste in ihrem gewundenen Verlaufe zu verfolgen. Wenn aber nur einzelne Partien derselben gefärbt sind, wie in den Fig. 7 und 8, kann man ihre Verzweigungsart genauer beobachten; sie anastomosiren gewiss nicht unter einander, bilden also kein »Netz», wie Golgi meinte, sondern laufen mit freien Enden aus, wie v. A. Ramón y Cajal, Van Gehuchten und Martin sowie v. Kölliker es angegeben haben. Oft sieht man nun, wie die genannten Forscher beschrieben haben, nicht nur eine Faser in je einen Glomerulus eintreten, sondern zwei, drei oder noch mehrere, welche sich alle in derselben Weise verhalten, indem sie sich im Glomerulus reichlich dichotomisch verzweigen und dabei sich mit einander verflechten, ohne etwaige Continuitätsverbindungen einzugehen.

In diesen Endverzweigungen der Olfactoriusfasern in den Glomerulis liegen also die *centralen* Endigungen dieser Fasern, d. h. der centralen Riechzellenfortsätze, vor.

Zu der weiteren Leitung der Riechimpulse treten nun, wie Golgi, aber in noch richtigerer Weise Ramón y Cajal und später Van Gehuchten und Martin sowie v. Kölliker es dargestellt haben, neue Elemente hinzu. Es sind dies die sog. *Mitralzellen*. Diese bei Säugern in einer ziemlich bestimmten Schicht belegenen, recht grossen Ganglienzellen haben meistens einen dreieckigen, nicht selten aber auch ovalen oder unregelmässig flaschen- oder spindelförmigen Zellkörper, dessen längere Axe etwa senkrecht zur Bulbusoberfläche gestellt ist; das spitzeste Ende ist centralwärts, die basale Fläche, wenn eine solche vorliegt, nach der Bulbusoberfläche gekehrt. Die Zellkörper sind nicht alle gleich gross, sondern von wechselnder Grösse (Fig. 1 *mi,* wo sechs Zellen abgebildet sind). Von allen Mitralzellen gehen Fortsätze verschiedener Art aus, nämlich ein feiner, centralwärts ziehender Axencylinderfortsatz und wenigstens zwei, oft drei oder noch mehr, in der Regel dickere Fortsätze, welche mit Recht als Protoplasmafortsätze aufgeführt sind. Diese letzteren entspringen mit starkem, dreieckigem Fusse von den Ecken der basalen Fläche des Zellkörpers und sind zweierlei Art. Zwei oder mehrere von ihnen verlaufen in tangentialer Richtung mehr oder weniger gerade nach den Seiten hin, verschmälern sich, indem sie sich stellenweise verzweigen und enden nach ziemlich weitem Verlauf mit frei auslaufenden Endigungen. Der stärkste Protoplasmafortsatz aber, welcher in der Regel auch von einer Ecke der Basalfläche, zuweilen aber auch von dieser Fläche selbst entspringt, ist der entschieden stärkste von allen. Er senkt sich entweder mehr gerade, gewöhnlich aber in schiefer Richtung, gegen die Bulbusoberfläche, macht darunter einige kleinere Biegungen und giebt zuweilen einen oder zwei Seitenzweige ab, die sich wie die lateralen Fortsätze verhalten, oft aber schief gegen die Bulbusoberfläche hin verlaufen, um verzweigt mit freien Spitzen zu endigen. Die Stammfaser des Fortsatzes setzt sich aber, wie v. A. Golgi, Ramón y Cajal, Van Gehuchten und Martin und v. Kölliker gezeigt haben, nach den Glomeruli fort, um, bei den Säugern, in je einen derselben einzutreten. Es kommt jedoch bei diesen Thieren auch vor, dass der Fortsatz sich theilt und seine beiden Aeste in verschiedene Glomeruli schickt. In den Glomerulis verzweigt sich der Fortsatz sogleich dichotomisch, wobei jedoch der eine Ast oft eine grössere Breite behält und als Stammfaser erscheint. Bei der wiederholten Verzweigung werden die Aeste feiner und laufen, ohne Anastomosen, zuletzt in feine, knotig-varicöse Fasern aus, welche mit freien Endigungen enden. Wenn die Färbung reichlich ausgefallen ist, lassen sich die einzelnen Aeste kaum genauer verfolgen. Bei schwächerer Färbung ist dies aber leichter, und man erkennt dann, wie sich die Verzweigungsart verhält. Dies ist z. B. der Fall bei mehreren der in Fig. 1 der Taf. X abgebildeten Glomeruli, und in den Fig. 3 und 4 ist es noch deutlicher. Die Verzweigungsweise der fraglichen Fortsätze der Mitralzellen unterscheidet sich von derjenigen der

Olfactoriusfasern durch die Verschmälerung der Aeste und durch den spitzeren Winkel, den die Aeste der Mitralzellenfortsätze mit einander bilden, sowie durch den oft etwas gestreckteren Verlauf derselben. Ferner sind diese Aeste oft varicös, zuweilen bilden sie sogar kugelartige Verdickungen. Sie durchspinnen, am inneren Umfang des Glomerulus eingetreten, mit ihren Aesten den ganzen Glomerulus und verflechten sich hierbei mit den Aesten der Olfactoriusfasern auf das innigste. In der Regel färben sich nicht beide Faserarten gleichzeitig, sondern man findet in den verschiedenen Fällen bald die eine, bald die andere Art hervortretend. Zuweilen trifft man jedoch eine gleichzeitige Färbung beider Arten (Fig 1, 2 bei je einem der Glomeruli). Alles weist nun darauf hin, dass die beiden Arten nicht mit einander anastomosiren, obwohl es in jedem Falle, bei starker Färbung, unmöglich ist, dasselbe zu demonstriren.

Der *Axencylinderfortsatz,* »der nervöse Fortsatz», der Mitralzellen entspringt entweder vom inneren Ende der Mitralzelle selbst, oder auch von einem zuerst centralwärts ausgehenden, gröberen Protoplasmafortsatz, welcher sich aber wieder lateralwärts umbiegt. Der Axencylinderfortsatz verläuft zuerst eine Strecke centralwärts, d. h. in etwa vertikaler Richtung, von der Bulbusoberfläche gerechnet, biegt sich aber bald nach der Seite hin um und setzt den Weg nach dem übrigen Gehirn fort. Während dieses Verlaufes durch den Bulbus giebt er, wie von den neueren Forschern hervorgehoben worden ist, einzelne Seitenäste ab (Fig. 1 *co*), welche sich weiter verästeln und frei auslaufen.

Auf die übrigen von Golgi, Ramón y Cajal, Van Gehuchten und Martin ausführlicher beschriebenen Bauverhältnisse des Bulbus olfactorius werde ich diesmal nicht eingehen, sondern ich begnüge mich, in der principiel so wichtigen Frage betreffs der Riechnerven deren Ansichten beizutreten.

Eine morphologisch interessante Frage, die nämlich über das relative Verhalten der Elemente des Bulbus beim Uebergang in die Grosshirnrinde, habe ich näher zu studiren versucht, werde aber dies Mal über dieselbe nicht berichten, indem sie mit dem hier vorliegenden Thema in keiner intimeren Verbindung steht.

4.

Die Endigungsweise des Gehörnerven.

Taf. XI—XII.

Die Frage von der peripherischen Endigungsweise des Gehörnerven konnte durch die bisher zugänglichen Untersuchungsmethoden nicht ganz endgültig entschieden werden. Zwar konnten die Nervenfasern bis zu den Hörzellen verfolgt werden; der unmittelbare Zusammenhang mit ihnen oder, noch præciser ausgedrückt, ihre Natur als Fortsätze dieser Zellen konnte aber nicht unzweifelhaft dargelegt werden. Auf dem früheren Standpunkte der Histologie erschien ein solcher direkter Zusammenhang nicht a priori unmöglich, und mehrere Forscher haben ihn als sicher angenommen.

Durch die neuen Entdeckungen in Betreff des Riechnerven, durch welche es bewiesen worden ist, dass die Olfactoriusfasern centripetal verlaufende Fortsätze der im Epithel der Riechschleimhaut belegenen Riechzellen sind, ist auch die Frage von dem entsprechenden Verhalten im Gehörorgan eine brennende geworden, um so viel mehr, als man nicht sicher wusste, ob alle Gehörnervenfasern mit den in den Nervenzweigen des Acusticus eingelagerten bipolaren Ganglienzellen direkt zusammenhängen.

Schon lange ist es mein Wunsch gewesen, die peripherische Endigungsweise des Gehörnerven vermittelst der neuesten Methoden zu untersuchen. Durch die Methylenblaumethode ist es mir nie gelungen, auf diesem Gebiete beweisende Präparate zu bekommen. Die Versuche, welche ich früher beim Gehörorgan mit der Chromsilbermethode anstellte, gaben mir keine specifische Färbung.

Weil nun in der letzten Zeit zu wiederholten Malen meine Angaben über die Endigungsweise des Gehörnerven als bestimmte Beweise für einen ganz direkten Uebergang der Nervenfasern dieses Nerven in die Haarzellen des Hörepithels angeführt worden sind und ich selbst in dieser Hinsicht im Ganzen zweifelhaft gewesen bin, so habe ich theils meine früheren Angaben nachgesehen, theils auch eine neue Untersuchung über den fraglichen Gegenstand vorgenommen, welche mich diesmal in dieser Principfrage zu ganz entscheidenden Ergebnissen geführt hat. Waldeyer [1] sagt also u. A.: »hier muss auch, wenn man den Ursprung der Fila olfactoria aus Sinneszellen anführen will, der Ursprung der Ampullen- und Vorhofsnervenfasern aus den Haarzellen der Maculæ acusticæ (s. Retzius, Biol. Unt. I, 1881) gezählt werden». Und in seinen »Schlussbetrachtungen» in der Abhandlung »Ursprung, Verlauf und Endigung der sensibeln Nervenfasern bei Lumbricus» sagt M. v. Lenhossék [2], nachdem er die neuen Befunde in Betreff der Endigungen des Riechnerven und des Geschmacksnerven erwähnt hat: »Im Grunde genommen gehören auch die Haarzellen der Maculæ acusticæ des häutigen Gehörorganes hierher, die zwar der Oberfläche des Körpers entrückt, jedoch noch immer inmitten ihrer ursprünglichen Bildungsstätte, nämlich des ectodermalen Epithels, sich befinden, und für die Retzius in seinem grossen Werke sehr entschieden und jedenfalls mit Recht einen direkten Uebergang in Acusticusfasern vertritt».

Was die Frage von der peripherischen Endigungsweise des Gehörnerven anlangt, so habe ich dieselbe im 2:ten Theile meiner Arbeit über das Gehörorgan der Wirbelthiere (1884) bei dem *Alligator,* der *Taube,* dem *Kaninchen,*

[1] Waldeyer, Ueber einige neuere Forschungen im Gebiete der Anatomie des Centralnervensystems. Sonderabdr. aus d. Deutschen Medicinischen Wochenschrift, 1891, N:o 44.

[2] M. v. Lenhossék, Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. 39, 1892. — Ebenso in seinem Aufsatz »Neuere Forschungen über den feineren Bau des Nervensystems, Correspondenz-Blatt für Schweizer Aerzte, Jahrg. 21 (1891).

der *Katze,* dem *Menschen* näher besprochen. Bei allen sah ich in den Maculæ und Cristæ acusticæ die Nervenfasern nach dem Eintritt ins Epithel bis zu den unteren Enden der Haarzellen emporsteigen, sich hier verbreitern und entweder ungetheilt oder getheilt die unteren Enden der Zellen schalenförmig umfassen, wobei sich eventuel ein oder ein paar Aeste nach der Seite hin fortsetzen können, um mit anderen Zellen in derselben Weise zusammenzuhängen. Ausserdem sah ich bei mehreren dieser Thiere Fibrillen neben dem Zellenkörper emporsteigen und ihn umstricken. Ich führe hier beispielsweise an, was ich über das fragliche Verhalten beim *Kaninchen* (Mac. ac. rec. utric.) gesagt habe (s. 275): »Die blassen Nervenfasern steigen zwischen den Fadenzellen mehr oder weniger senkrecht bis ungefähr zur halben Höhe des Epithels empor; hier biegen sie nach der Seite um und verlaufen eine Strecke in horizontaler Richtung; dann theilen sie sich oft dichotomisch oder auch verbreitern sie sich nur und umfassen die unteren Enden von gewöhnlich zwei, zuweilen auch drei oder vier Haarzellen. Während des Verlaufes durch das Epithel tritt in diesen blassen Nervenfasern eine mehr oder weniger deutliche Längsstreifung und Längskörnelung hervor, welche am Ansatze an den Haarzellen gewöhnlich noch mehr ausgesprochen wird, indem einzelne Fibrillen das Zellenende umschmiegen und sich an dessen Protoplasma fortsetzen; es ist jedoch sehr schwer ihren weiteren Verlauf sicher zu verfolgen; an isolirten Haarzellen . . . . . nimmt man hin und wieder sehr feine körnig-varicöse Fäserchen wahr, welche sich über das Protoplasma der Zelle schmiegen und sogar bis zur Nähe ihres oberen Endes emporreichen; es ist leicht möglich, dass diese Fäserchen die Fortsetzungen der Nervenfibrillen sind, sicher lässt es sich jedoch noch nicht behaupten.» In den Cristæ ac. der Ampullen sah ich ähnliche Verhältnisse und fügte in dieser Hinsicht bei: »Jedenfalls setzen sich also die Nervenfasern bis zum unteren Ende der Haarzellen fort und hängen mit ihnen zusammen, ob sie sich aber noch weiter mit einzelnen Fibrillen über den Körper dieser Zellen fortsetzen, muss ich bis auf Weiteres unentschieden lassen, halte es aber nunmehr für möglich; ihre definitive Endigung an oder in den Haarzellen ist deshalb gewissermassen noch eine ungelöste Frage, die für unsere Wissenschaft von sehr hoher Bedeutung ist. In Folge der grossen Wichtigkeit der Frage ist es aber nothwendig, nur mit grösster Vorsicht vorwärts zu dringen und nur das sicher und viele mal Beobachtete als wahr anzuerkennen.» Bei der *Katze* (s. 319) äusserte ich u. A.: »Es scheint also, als ob die feinen Fibrillen sich dem Protoplasma der Haarzellen anlegten und sich an demselben einigermassen befestigten; ob sie aber in dasselbe eindringen, ist sehr schwer zu entscheiden; es scheint sogar an manchen Präparaten wahrscheinlicher, dass die Fibrillen nicht nur dem unteren Zellenende anhaften, sondern sich über die Kerngegend hinaus noch um die oberen Theile der Zelle schmiegen» etc. Beim *Menschen* beschrieb ich (s. 342) die Verhältnisse in gleicher Weise: ich fand einen »directen Zusammenhang» der Nervenfasern mit den Haarzellen der Maculæ und Cristæ acusticæ in der Weise, dass »die Substanz der Nervenfasern bildet gewissermassen eine Schale, in welche die Haarzelle eingepflanzt ist, und wenn sie aus derselben herausfällt, bleibt eine solche Schale zurück»; »die körnigen (varicösen) Fibrillen umstricken das untere Ende der Haarzellen, und es scheint nicht selten, als ob sie an der Oberfläche der Zellen bis über die Kernregion emporsteigen». In ähnlicher Weise äusserte ich mich endlich in den allgemeinen Betrachtungen am Ende des Werkes. Die getheilten oder ungetheilten Nervenfasern verbreitern und verbinden sich mit dem unteren Ende mehrerer (2—4 oder 5) Haarzellen in der Weise, »dass ihre Primitivfibrillen das Protoplasma der Zellen schalen- oder mantelförmig umfassen, wodurch eine innige Vereinigung entsteht», u. s. w.

In Betreff des Cortischen Organes konnte ich zwar auch an den inneren Haarzellen eine Umstrickung derselben von Nervenfibrillen sehen; an den äusseren Haarzellen sah ich die spiraligen Fasern vorbeiziehen. »Wie endigen nun diese Fasern? Hier bleibt», fügte ich bei, »eben die grösste Lücke in unserer Kenntniss vom feineren Bau des Gehörorgans. Ich habe mich vielfach bemüht, diese Lücke auszufüllen, bisher aber fast vergebens. So viel ist jedoch sicher, dass die unteren Enden der äusseren Haarzellen die oberen Fasern der Spiralzüge berühren und ihnen sogar anhaften; einen directen Uebergang der Nervenfasern in die Haarzellen sah ich aber nie.»

Ich habe also in den Maculæ und Cristæ acusticæ zwar eine Verbindung der Nervenfasern mit den Haarzellen beschrieben, — einen Zusammenhang, eine innige Anheftung, indem die Nervenfasern das untere Ende der Zellen theils schalenförmig umfassen, theils auch den übrigen Zellkörper wahrscheinlich umstricken. Einen directen »Uebergang» der Haarzellen in Nervenfasern habe ich aber nicht angenommen oder postulirt. Vor acht Jahren, als meine letzte Arbeit über diesen Gegenstand erschien, war indessen diese Frage noch nicht näher præcisirt, und ich habe mich im Allgemeinen vorsichtig ausgedrückt. Im Lichte der neuen Endeckungen auf dem Gebiete der sensiblen nervösen Einrichtungen ist nun diese Frage von prinzipieller Bedeutung geworden. Nachdem wir erfahren,

dass die Riechnervenfasern direkte *Fortsätze* der im Riechepithel gelagerten Riechzellen sind, von welchen sie sich centralwärts entwickeln, und dass diese Zellen mithin als primäre sensible Nervenzellen aufgefasst werden müssen; nachdem wir ferner beim Regenwurm den durch von Lenhossék neulich nachgewiesenen Ursprung der sensiblen Nervenfasern von peripherisch in der äusseren Körperhaut belegenen sensiblen Nervenzellen kennen gelernt haben, so hat sich die Frage von dem Verhalten des Gehörnerven in den Vordergrund gedrängt. Wir wissen ja längst, dass zahlreiche bipolare Ganglienzellen in den peripherischen Zweigen des Acusticus liegen, welche in den Verlauf der Nervenfasern eingeschaltet sind. Was stellen denn diese Nervenzellen dar? Sind sie die zelligen Elemente, die elementären Centralorgane der Gehörnervenfasern? Oder stellen die Haarzellen im Gehörepithel diese Elemente dar, wie es im Geruchsepithel der Fall ist? Oder — was ja auch möglich wäre — sind beide Zellenarten von derartiger Bedeutung? Man kann sich nämlich denken, dass ein Theil der Nervenfasern des Gehörnerven peripherisch ziehende Fortsätze der bipolaren Ganglienzellen, ein anderer Theil centralwärts verlaufende Fortsätze der Haarzellen sind, und also zwei neben einander befindlichen, grundverschiedenen Einrichtungen entsprechen, welche dann auch ganz verschiedene Functionen haben dürften. Dass dieselben Nervenfasern des Gehörnerven einerseits mit den bipolaren Ganglienzellen, andererseits mit den peripherischen Haarzellen direkt in der Weise zusammenhängen, dass sie »Fortsätze» beider Zellenarten sind, lässt sich, besonders im Lichte der neueren Erfahrungen, absolut nicht denken.

Die ganze Frage hat sich mithin in folgender Weise præcisirt: 1. *Sind die Nervenfasern des Gehörnerven Fortsätze der im Hörepithel belegenen Haarzellen und letztere als Nervenzellen aufzufassen?*

2. *Oder sind sie Fortsätze der bipolaren Ganglienzellen und haften sie nur sekundär an den Haarzellen, welche also nicht eigentliche Nervenzellen, sondern nur sekundäre Sinneseinrichtungen, »Sinneszellen», darstellen?*

3. *Oder ist Beides vorhanden, indem beide Einrichtungen neben einander vorliegen?*

Die seit dem Erscheinen meines oben angeführten Werkes über das Gehörorgan der Wirbelthiere veröffentlichten Arbeiten über dieses Organ haben zwar die Frage von der Endigungsweise des Gehörnerven mehr oder weniger eingehend besprochen. Mit den bisher bekannten Methoden war aber die sichere Entscheidung kaum möglich. Es war nun zu hoffen, dass die neuen Nervenfärbungsmethoden, v. A. die Ehrlich'sche und die Golgi'sche, dazu bestimmt seien, Licht über diese interessante Frage zu werfen. Indessen scheint bisher sehr wenig dafür gethan worden zu sein. Der einzige, welcher meines Wissens über solche Versuche Mittheilungen gemacht hat, ist Otto Kaiser[1]. Derselbe hat in seiner Inauguraldissertation einige unter Merkel's Leitung ausgeführte Untersuchungen über das Epithel der Cristæ und Maculæ acusticæ vom Kalb, Schaf und Kaninchen veröffentlicht, bei welchen er u. A. auch die Golgi'sche Methode geprüft hatte. Nach den Abbildungen zu schliessen scheint er aber mit dieser Methode keine besonders erläuternde Präparate bekommen zu haben; im Gegentheil, er scheint mit derselben keine Färbung der Nervenfasern und ihrer Endigungen hervorgerufen zu haben, was vielleicht davon abhängt, dass er nicht das passende Alter der Versuchsthiere herausprobirt hat. Seine Ergebnisse in Betreff des Verhaltens der Nervenfasern zu den Haarzellen dürfen deshalb eher durch andere Methoden gewonnen sein. Er ist »der Ansicht, dass sich der Axencylinder nicht in einzelne Fibrillen auflöst, sondern dass er sich nur ausbreitet. Der nervöse Kelch besteht aus derselben hyalinen Grundsubstanz wie der Axencylinder, in welcher Substanz die Granula eingelagert sind». Die Kelche sind vielmehr für solide Schalen und nicht für durchbrochene Körbe zu halten und reichen hoch um die Zellen empor; in diesen Kelchen stecken die Zellen wie die Eier im Eierbecher. Den direkten Uebergang eines Axencylinders *in* eine Zelle hat er nie constatiren können, die Zelle ist vielmehr stets durch eine scharfe Grenze von der Axencylindersubstanz getrennt.

Wie oben erwähnt wurde, habe ich mich mehrmals bemüht, durch die Methylenfärbung die Nervenendigungen im Gehörorgan hervorzurufen, aber stets ohne besonderen Erfolg, was offenbar von der Schwierigkeit, das Organ bei der folgenden Untersuchung zu schneiden, abhing. Auch meine Versuche vermittelst der Golgi'schen Methode scheiterten anfangs an derselben Schwierigkeit. Obwohl ich Gehörorgane von Menschenfoetus und ganz jungen Kaninchen bearbeitete, erhielt ich wegen der schon vorhandenen knöchernen Partien keine beweisende Bilder. Meine Versuche, die Knochen nach der Färbung zu extrahiren, gelangen auch nicht. Nachdem ich aber noch kleinere Thiere, junge Mäuse und Hühnchenembryonen zur Untersuchung erwählt hatte, erreichte ich das Ziel. Bei

[1] Otto Kaiser, Das Epithel der Cristæ und Maculæ acusticæ. Inaugural-Dissertation zu Göttingen, 1891.

beiden diesen Thieren erhielt ich eine Anzahl sehr schöner und beweiskräftiger Präparate, sowohl von den Maculæ und Cristæ acusticæ als von der Papilla basilaris der Schnecke.

Ich behandelte das Material in der üblichen Weise: 3-tägige Behandlung mit dem Golgi'schen Gemisch, dann 1-tägige Silbernitratbehandlung, dann nach Ramón y Cajal nochmals 1-tägige Behandlung im Golgi'schen Gemisch und zuletzt noch einmal Silbernitratbehandlung.

In der folgenden Darstellung werde ich zuerst die Verhältnisse beim *Hühnchen* beschreiben. Beim *11-tägigen* Hühnchenembryo finde ich also an Vertikalschnitten der Maculæ und Cristæ acusticæ, in welchen die Differenzirung des Epithels in Haarzellen und Fadenzellen schon geschehen ist, nach der Golgi'schen Behandlung einzelne Nervenfasern in schöner, ausgeprägter Schwarzfärbung und oft von knotig-varicösem Aussehen durch die bindegewebige Wand ziehen und in das Epithel der Nervenendstellen hinaustreten (Taf. XI, Fig. 1, 2 *n*). Im Epithel (*ep*) steigen sie anfangs mehr oder weniger gerade empor, um, an der Zone unter den Haarzellen angelangt, knotenförmig anzuschwellen und von hier aus eine Anzahl von Aesten abzugeben. Zuweilen theilt sich die Nervenfaser auf dem Wege durch das Epithel schon früher in zwei Aeste, welche höher oben in je einen Knoten übergehen, welche Knoten sich dann weiter theilen. Die Aeste gehen nach verschiedenen Richtungen aus und sind im Allgemeinen fein und knotig-varicös. Einige derselben biegen sich seitlich um und verlaufen eine Strecke unter den unteren Enden der Haarzellen, um sich dann nach oben zu wenden; nun schmiegen sie gerade oder mehr schief, zuweilen gebogen, zwischen den Haarzellen empor, um früher oder später frei zu endigen; zuweilen reichen sie bis zur unmittelbaren Nähe der Epitheloberfläche. Während des beschriebenen Verlaufes theilen sie sich zuweilen dichotomisch, und die Theiläste verhalten sich dann in der angegebenen Weise. Von dem Knoten oder dessen ersten Aesten biegen sich hier und da Aeste nach unten, zwischen den Fadenzellen, hinab, um entweder nach kurzem Verlaufe zu endigen, oder, wieder nach oben umbiegend, die Zone unter den Haarzellen zu erreichen. Die Haarzellen und Fadenzellen sind in diesen Präparaten nur sehr selten durch das Chromsilber gefärbt; wenn dies geschehen ist, haben sie eine hellere, mehr chokoladenbraune Färbung, und man kann deshalb auch in solchen Fällen die Verbreitung und Endigung der fast schwarzen Nervenfaseräste verfolgen. In der Regel sind aber die Haar- und Fadenzellen ganz ungefärbt, und die Nervenfasern mit ihren schwarzen Büscheln von Aesten treten im Präparate äusserst scharf und prägnant hervor. Die Büschel und ihre Verzweigungen sind indessen von verschiedener Gestalt und Grösse. Bald ist die Verzweigung ziemlich einfach, bald sehr reichlich.

Beim *17-tägigen* Hühnchenembryo (Taf. XI, Fig. 3—6) traf ich ganz entsprechende Bilder wieder, sowohl in den Maculæ, wie in den Cristæ acusticæ. Nur waren die interzellulären Aeste der Nervenfasern weiter entwickelt und bildeten im Ganzen reichlichere Büschel feiner, zwischen den Haarzellen hoch emporsteigender Fäserchen (Fig. 3, 4, 5). Die Knoten an der intraepithelialen Verästelungsstelle erscheinen hier gewöhnlich vermindert zu sein.

Hier, in diesen Präparaten, gelang es mir nun zu wiederholten Malen, eine sich also im Hörepithel verästelnde Nervenfaser durch die bindegewebige Wand centralwärts eine weite Strecke und bis zum Uebergang in eine geschwärzte bipolare Ganglienzelle zu verfolgen. In der Fig. 3 ist ein solcher Fall abgebildet, wo indessen des Raumes wegen ein Theil des Verlaufes der betreffenden Nervenfasern verkürzt und deshalb nur punktirt ist. Es kommt auch vor (Fig. 3), dass sich eine Nervenfaser in der bindegewebigen Wand theilt und jede Theilfaser in ein Endbüschel übergeht.

In der *Papilla ac. basilaris* der Schnecke habe ich beim 17-tägigen Hühnchenembryo ganz übereinstimmende Endverzweigungen der Nervenfasern gefunden (Taf. XI, Fig. 6). Das Hörepithel ist hier höher, die Haarzellen aber sind grösstentheils kürzer; die Nervenfasern steigen deshalb, bevor sie in das Endbüschel übergehen, höher im Epithel empor; zuweilen biegen sie um und laufen eine Strecke tangential, ehe sie die Endverzweigung erreichen. Auch hier konnte ich Nervenfasern bis zu einer bipolaren Ganglienzelle verfolgen (Fig. 6 *gz*).

Ich habe nun eine recht grosse Anzahl solcher Präparate durchmustern können, auch von den zwischenliegenden Tagen der Bebrütung. Stets sah ich nur ähnliche Bilder: nie einen »Uebergang» der Nervenfasern in Haarzellen, sondern nur eine Verästelung derselben und ein freies Auslaufen der Aeste, welche die Haarzellen umstricken und zwischen ihnen emporsteigen, oft bis zur unmittelbaren Nähe der Oberfläche des Epithels.

Bei der *Maus* bekam ich gute Präparate schon von neugeborenen Jungen. Ich studirte die Verhältnisse dann auch in verschiedenen Stadien bis zu zweiwöchentlichen Jungen. Wenn man die Schnitte frontal legt, bekommt man gute Bilder, sowohl von den Cristæ und Maculæ, wie auch von den Windungen der Schnecke in der Flächenansicht.

In den *Maculæ* und *Cristæ acusticæ* der neugeborenen Maus (Taf. XI, Fig. 7, 8, 9, 10) trifft man nach Golgi'scher Färbung einzeln oder gruppenweise geschwärzte Nervenfasern, die fast ganz dieselbe Anordnung und Gestaltung darbieten, welche ich soeben aus dem Gehörorgan des Hühnchenembryo beschrieben habe. In der Fig. 7 habe ich den senkrechten Schnitt einer Macula abgebildet, wo fünf Nervenfasern aus der bindegewebigen Wand ins Hörepithel emporsteigen und sich dort in verschiedener Weise verzweigen. Bald geschieht diese Verzweigung schon im Epithel tiefer unten, bald höher oben; die Aeste biegen sich oft nach der Seite, tangential, um und verlaufen in dieser Richtung eine Strecke, um dann in der Regel nach oben zwischen den Haarzellen emporzusteigen und während des Verlaufes feinere Aeste abzugeben. Die Aeste laufen stets frei aus und endigen in dieser Weise in der Umgebung der Haarzellen. In Fig. 10 sieht man die Aeste zwischen diesen Zellen theilweise bis zur Oberfläche des Epithels emporsteigen. In der Fig. 8 ist eine Partie der Crista einer Ampulle schief von oben her abgebildet; in der ganz durchsichtigen Crista erkennt man ein Bündel von Nervenfasern, deren Endverzweigungen theils von der Seite, theils von oben her zu sehen sind. Wie beim Hühnchenembryo färben sich gewöhnlich nur einzelne Fasern oder auch nur kleine Bündel von ihnen; diese Fasern färben sich aber in ihrem ganzen Verlaufe bis in die feinsten varicösen Enden im Epithel. Hierdurch treten sie in der durch Canadabalsam durchsichtig gemachten Crista oder Macula in schönster und deutlichster Weise hervor und lassen sich in allen ihren Biegungen und Verästelungen auf das Genaueste verfolgen.

Wenn man nun etwas ältere Mäusejunge untersucht, so trifft man ganz dieselben Bilder. In der Fig. 11 der Taf. XI habe ich vom 4-tägigen Thier einen Schnitt abgebildet, wo die Macula ac. rec. utriculi nebst der Crista einer Ampulle getroffen ist; in jener sieht man drei Nervenfasern, in dieser eine solche Faser endigen.

In etwas späteren Stadien findet man indessen eine weitere Verästelung der Nervenfasern, so dass man, besonders in der Flächenansicht einer Macula oder Crista, die einzelnen Faserverästelungen im Epithel auf weitere Strecken verfolgen kann.

Im ausgewachsenen Zustande des Thieres, ja schon bei dem 13-tägigen Jungen ist es mir nicht gelungen, diese Nervenfasern mit der Golgi'schen Methode zu färben.

Indessen lässt sich auf Grund der eben beschriebenen Verhältnisse beim jungen Thiere als sicher annehmen, dass die Nervenfasern nicht in die Haarzellen oder anderweitige zellige Elemente des Epithels übergehen. Sie verästeln sich nur in der Umgebung der Haarzellen, umstricken dieselben und steigen zwischen ihnen hoch empor.

Von ganz besonderem Interesse schien es mir nun zu sein, die Verhältnisse in der *Schnecke* zu erforschen.

Schon beim *neugeborenen* Mäusejungen erhielt ich eine Anzahl schöner Präparate, in welchen der Verlauf der Nervenfasern durch die in der Flächenansicht zu beobachtenden Windungen sich verfolgen liess. In Fig. 2 der Taf. XII habe ich einige solche Fasern abgebildet. Man sieht sie während des Verlaufes durch die Lamina spiralis sich hier und da theilen und, nachdem sie die Habenula perforata passirt haben und in das noch nicht fertige Cortische Organ ausgetreten sind, sich in feine Aeste auflösen und mit freien Enden endigen. Diese Endzweige laufen stellenweise, in rechtem Winkel umbiegend, nach divergenten Richtungen aus. An Schnitten, welche den Schneckengang quer und senkrecht getroffen haben (Fig. 4 der Taf. XII) erkennt man, dass die Nervenfasern theilweise nur bis zur Tunnelgegend, in anderen Fällen über diese hinaus bis zu der innersten Reihe der äusseren Haarzellen gelaufen sind. Noch ist aber der Tunnel nicht gebildet; die beiden Reihen Cortischer Pfeilerzellen liegen noch dicht beisammen. Die fragliche Figur ist in der Hinsicht perspektivisch gezeichnet, dass man mehrere in verschiedenen Niveaus befindliche Nervenfasern sieht.

Aus allen diesen Präparaten der neugeborenen Maus geht es deutlich hervor, dass die Nervenfasern noch nicht bis zu ihrer vollständigen Ausbildung gekommen sind. Sie haben noch nicht ihre Endstellen erreicht, sondern sind noch im Wachsen begriffen. Es sind Endbüschel vorhanden, welche sich noch in der Weiterentwicklung befinden. Diese Fasern hängen keineswegs mit Haarzellen zusammen. In der Regel färben sich diese Zellen nicht, wodurch die stark schwärzlich gefärbten Nervenfasern sammt ihren Endverzweigungen um so viel schärfer hervortreten. Wenn sich die Haarzellen färben, erhalten sie, wie in den Maculæ und Cristæ acusticæ, eine bräunliche Farbe.

Verfolgt man nun die Nervenfasern rückwärts, nach dem Gehirn hin, so wird man hier und da in den Präparaten Stellen finden, wo dieselben in bipolare, geschwärzte Ganglienzellen übergehen. Von der 4-tägigen Maus habe ich ein solches Präparat (Fig. 1 der Taf. XII) abgebildet, wo dieser Uebergang in Ganglienzellen in schönster Weise sichtbar war. In diesem Stadium haben die Endigungen der Nervenfasern im Cortischen Organ keine auf-

fallend höhere Entwicklung erreicht; man sieht sie zwar an den Enden verzweigt, ungefähr wie sich die entsprechenden Endigungen in den Cristæ und Maculæ acusticæ präsentiren; die Endverzweigung in der Gegend der äusseren Haarzellen ist aber noch nicht ausgebildet.

Bei der *5 1/2-tägigen* Maus (Fig. 3 der Taf. XII) sieht man die sich in der Lamina spiralis schön verzweigenden Nervenfasern, nachdem sie die Habenula perforata erreicht, resp. passirt haben, seitliche Aeste abgeben, von denen dann einige Aestchen radial, durch die Tunnelgegend ziehen und in etwas verwickelter Weise zwischen den äusseren Haarzellen mit freien Enden auslaufen. Ehedem geben sie aber einige Aeste nach oben hin ab, welche die inneren Haarzellen umstricken. Hier ist offenbar die endliche Verzweigung dieser Nervenfasern im Werden, obwohl noch nicht fertig.

Bei der *8—10-tägigen* Maus lassen sich die Nervenfasern im Cortischen Organ weiter hinaus verfolgen. Der Tunnel ist hier ausgebildet, und die übrigen Bauverhältnisse des Organs sind ziemlich weit entwickelt. Die Nervenfasern scheinen ihre Endplätze, wenigstens beim 10-tägigen Thiere, erreicht zu haben. Man sieht dieselben nunmehr nach dem Austritt aus den Löchern der Habenula perforata sich theilen und einen Ast spiralig nach jeder Seite senden; zuweilen biegt sich jedoch die ganze Faser ohne Theilung nur nach einer Seite hin um. Von diesen spiralig zwischen den inneren Cortischen Pfeilerzellen nach innen gehenden Fasern, welche indessen gewöhnlich nur eine kurze Strecke verlaufen, etwa 4—6 Pfeilerzellen passiren, entspringen mehrere feinere Aeste, von denen einige sehr feine nach oben, zu den inneren Haarzellen gehen, um sie zu umstricken; von dem äusseren Umfang der Fasern gehen etwa 3—6 Aeste aus, welche in ziemlich gleichen Entfernungen und einander parallel nach aussen hin verlaufen (Taf. XII, Fig. 5, 6). Diese Aeste passiren zwischen den Pfeilerzellen durch den Tunnelraum und erreichen die äussere Haarzellenregion. Wärend dieser Passage theilen sie sich zuweilen dichotomisch, wonach die beiden Aeste unter spitzem Winkel weiter nach aussen ziehen. Nachdem sie die äussere Pfeilerzellenreihe erreicht haben, biegen sich einige Fasern seitwärts um, theilen sich dichotomisch und bilden unter den Haarzellenreihen ein Geflecht von rundlich-ovalen Maschen, deren feine varicöse Fäserchen hier und da frei auslaufen und endigen. Andere Fasern laufen durch die Haarzellenregion radiirend hinaus, wobei sie sich jedoch in der Regel seitwärts umbiegen und bald, nach innen von der ersten Zellenreihe, eine weite Strecke weiter laufen; bald ziehen sie zwischen der ersten und zweiten Zellenreihe, bald zwischen der zweiten und dritten, bald endlich nach aussen von der dritten, um eine mehr oder weniger weite Strecke zu verlaufen. Hierbei biegen sie in der Regel (Taf. XII, Fig. 6) zuerst einmal zwischen zwei Zellenreihen ein und laufen ein wenig zwischen ihnen, dann biegen sie sich wieder nach aussen hin und passiren die folgende Zellenreihe, um noch eine kurze Strecke zwischen ihr und der nächstfolgenden zu laufen; dann ziehen sie endlich wieder oft nach aussen hin und biegen in den Raum zwischen der zweiten und dritten Zellenreihe ein, wo sie spiralig eine mehr oder weniger weite Strecke ziehen. Diesen Verlauf der spiraligen, knotig-varicösen Nervenfasern habe ich in manchen Präparaten sicher verfolgen können. Zuletzt, nachdem die Fasern eine Anzahl von 20—30 Haarzellen der letzten Reihe in dieser Weise passirt haben, biegen sich ihre verfeinerten, varicösen Enden wieder nach innen um, verästeln sich ein oder zwei mal und umstricken die zunächst gelegenen Haarzellen. Nie ist ein Uebergang in Haarzellen zu sehen. Diese Zellen werden nur ausnahmsweise gefärbt, und dann nur hellbraun.

Die Verzweigungs- und Endigungsweise der spiraligen Nervenfasern des Cortischen Organes war bisher, vermittelst der früheren Methode, nicht erforschbar. Man konnte sie sicher nur auf radialen Vertikalschnitten studiren, und in dieser Weise war es unmöglich, ihren Verlauf zu verfolgen. Die Bilder, welche man von ihnen zuweilen an Zerzupfungspräparaten (s. meine Arbeit über das Gehörorgan der Wirbelthiere Taf. XXVI, Fig. 9; Taf. XXXII, Fig. 5, 6, 8 etc.) erhielt, gaben über ihre Verlaufs- und Endigungsweise keine genaueren Erläuterungen. Durch die Golgi'sche Methode ist aber nun eine Möglichkeit eröffnet, diese Verhältnisse endgültig zu eruiren. Es ist diesmal nicht meine Absicht, die Frage eingehender zu besprechen, weil ich bisher nicht hinreichendes Material bekommen konnte. Ich begnüge mich deshalb in dieser Hinsicht, die Untersuchungsmethode herausprobirt und die obigen Andeutungen in Betreff des Verlaufes gegeben zu haben. Aus denselben geht schon hervor, dass die Einrichtungen nicht so einfach schematisch sind, wie man oft annahm. Die Nervenfasern zeigen in ihrem Verlaufe mehr unregelmässige, verwickelte Bahnen. Um den eigentlichen Sinn dieser Einrichtung zu verstehen, muss man die Untersuchung an einem hinreichend reichen Material ausführen. Es handelt sich ja hier um ein so ausserordentlich feines, in seiner Funktion wunderbares Organ, dass die kleinsten, die feinsten Bauverhältnisse beaufmerksamt werden

müssen. Ich hoffe, noch einmal darauf zurückzukommen, zugleich aber auch, dass andere Forscher, welche sich für das schöne Problem des Gehörorgans besonders interessiren, sich dieser Untersuchung widmen werden. Durch vereinigte Bemühungen mehrerer geübter Arbeiter geht ja die Naturforschung am ehesten und schnellsten vorwärts.

Aus der obigen Darstellung geht indessen meiner Ansicht nach sicher hervor, dass die Nervenfasern des Gehörnerven periphere Fortsätze der bipolaren Ganglienzellen sind, welche in den Zweigen dieses Nerven liegen. Dagegen stellen sie nie Fortsätze der im Hörepithel der Maculæ, der Cristæ und der Papillæ des Gehörorgans belegenen Haarzellen oder anderweitigen Zellen dar. Sie umstricken die Haarzellen und haften ihnen innig an, gehen aber nicht direkt in ihre Zellsubstanz über.

Die Haarzellen sind deshalb keine Nervenzellen. Sie sind den Riechzellen keineswegs gleichzustellen. Sie sind vielmehr sekundäre Gebilde im Dienste der Sinneswahrnehmung. Es ist diese Einrichtung aber im höchsten Grade interessant, weil sie darthut, dass die Natur sich in verschiedener Weise helfen kann. Es liegt im Gehörorgen sogar eine höhere Differenzirung vor. Im Riechorgan hat man noch die ursprünglichen Aequivalente der Sinnesnervenzellen als direkt erregbare Elemente vor sich; die Riechzellen fassen mit ihrem kurzen peripheren Fortsatz die Reize auf und schicken sie durch den feinen centralen Fortsatz weiter. Die Gehörempfindung geschieht aber durch Vermittelung besonders dafür eingerichteter, sekundärer Epithelzellen, der Haarzellen. Durch ihre Vermittelung werden die Erregungen auf die im Epithel befindlichen Nervenfaserenden übertragen und durch diese Fasern zu den weiter innen im Nervenstamm belegenen Nervenzellen weiter geleitet, um dann durch deren Vermittelung und durch den centralen Fortsatz dieser Zellen zum Gehirn geführt zu werden.

Die bipolaren Ganglienzellen des Acusticus entsprechen also den Riechzellen, repräsentiren aber eine höhere phylogenetische Entwickelung; sie sind aus dem Körperepithel und sogar aus dem Epithel ihres Sinnesorganes nach innen hin gerückt, ungefähr wie es bei den cerebrospinalen Ganglienzellen der Fall ist. Diesen Zellen sind als die wahren »Gehörzellen» also zu betrachten, obwohl sie merkwürdiger Weise in Betreff ihrer Form auf einem »niedrigeren» Standpunkt geblieben sind. Sie haben sich ja nicht, wie die Zellen der Cerebrospinalganglien der höheren Thiere, zum unipolaren Typus entwickelt, sondern, sogar bei den höchsten Thieren und beim Menschen, den ursprünglichen, embryonalen, oppositipol-bipolaren Typus beibehalten, den Typus, den die cerebrospinalen Ganglienzellen der Fische grösstentheils noch im erwachsenen Zustande aufweisen.

Nach Allem, was ich bis jetzt vermittelst der Golgi'schen Methode im Gehörorgan der Vögel und Säugethiere gesehen habe, gilt die obige Darstellung für alle Nervenfasern des Gehörnerven. Nie sah ich, dass ausserdem auch Haarzellen als Ursprungselemente für Nervenfasern dienen. *Alle Nervenfasern des Gehörnerven scheinen peripher verlaufende Fortsätze der bipolaren Ganglienzellen zu sein, und alle Haarzellen sind als sekundäre Sinneszellen aufzufassen.*

Ich betone hier diese Thatsachen noch einmal bestimmt gerade deshalb, weil von hervorragender Seite die Haarzellen des Gehörorgans den Riechzellen des Riechorgans gleichgestellt worden sind, und der Ursprung der Ampullen- und Vorhofsnervenfasern aus den Haarzellen der Maculæ und Cristæ acusticæ als factisch angenommen worden ist. Oben habe ich gezeigt, dass aus meinen früheren Angaben und Aeusserungen eine solche Ansicht nicht gezogen werden kann. Ich habe nicht den direkten Uebergang der Haarzellen in die Nervenfasern urgirt, noch weniger den Ursprung der letzteren aus solchen Zellen proclamirt. Ich habe nur die innige Berührung dieser Fasern mit den Haarzellen und ihre Anheftung an dieselben sowie das dichte Umspinnen der Haarzellen von den Nervenfasern als sicher dargethan.

Aus der obigen Darstellung geht nun hervor, dass in den Maculæ und Cristæ acusticæ wenigstens bei Embryonen und bei jungen Thieren die Nervenfasern die Haarzellen in der Weise umstricken, dass sie nicht nur die unteren Enden derselben umgeben, sondern auch die nach oben davon befindlichen Theile des Zellkörpers umspinnen. Es ist zwar möglich, und sogar wahrscheinlich, dass in ganz ausgewachsenem Stadium der Thiere die Nervenfaserästchen noch reichlicher werden und die Zellenkörper dichter umspinnen, wie ich es schon in meinem oben erwähnten Werke als annehmbar ausgesprochen habe. Dass sie aber in ganz fertigem Zustande zusammenhängende Kelche bilden, in welchen die Haarzellen wie Eier im Eierbecher stecken — wie es O. Kaiser meint — lässt sich wohl kaum denken.

Was nun den centralen Verlauf des inneren, centralen Fortsatzes der bipolaren Ganglienzellen betrifft, so hat schon v. Kölliker beim Congresse in München dargethan, dass sich derselbe nach dem Eintritt ins Gehirn theilt. »Diese Theilungen», heisst es im Bericht, »finden sich im Ganglion laterale acustici und scheinen an allen Fasern des Schneckennerven vorzukommen. Aehnliche Theilungen, die an diejenigen der sensiblen Wurzeln der Rückenmarksnerven erinnern, finden sich auch am Nervus vestibuli.»

5.

Die sensiblen Nervenendigungen in der Haut des Petromyzon.

Tafel XIII.

Nachdem es durch die Erfindung der Goldfärbungsmethode Cohnheim gelungen war, die freien, interzellulären Nervenendigungen im Epithel der Hornhaut in markanter Weise zu demonstriren, und nachdem Langerhans vermittelst derselben Methode die entsprechenden Nervenenden im Rete Malpighii der Körperhaut der höheren Thiere dargelegt hatte, haben die meisten hierauf bezüglichen Untersuchungen die Thatsache bestätigt, dass sowohl in der äusseren Haut wie in den Schleimhäuten mit mehrschichtiger Epithelbekleidung die eintretenden Fäserchen sensibler Nerven sich interzellulär verästeln und mit freien Enden auslaufen. Bei den höheren Wirbelthieren hat man im Allgemeinen diese Thatsache als sichergestellt angesehen; und wenn eine Endigung in Endzellen vorhanden zu sein schien, ein solches Verhältniss entweder als zweifelhaft oder als vom Auftreten specifischer Sinneszellen herrührend betrachtet.

Die Entdeckung Golgi's und Ramón y Cajal's bezüglich des Verhaltens der Riechnerven der höheren Vertebraten und noch mehr diejenige v. Lenhossék's in Betreff der sensiblen Nervenzellen in der Haut des Regenwurms haben eine gewisse Revision der Frage erwünscht gemacht. Zwar ist hinsichtlich der Nervenendigungen in der Epidermis der äusseren Haut und im Epithel der Schleimhäute keine wesentliche Aenderung der herrschenden Auffassung denkbar. Die neuesten Methoden haben dieselbe ja auch vollauf bestätigt. Im Cornea-Epithel haben die Ehrlich'sche und die Golgi'sche Methode die freie, interzelluläre Nervenendigung überall dargelegt. In der äusseren Körperhaut und in den Schleimhäuten von menschlichen Neugeborenen ebenso wie von höheren Thieren (Kaninchen, Maus) habe ich oft solche interzellulär im Epithel verästelte und frei auslaufende Nervenendigungen gesehen. Bei Hühnchenembryonen habe ich dieselben auch beobachtet. Bei Amphibien ist die freie Endigungsweise ja auch schon längst nachgewiesen.

Nun kam es aber darauf an, wie weit hinab im Thierreich sich diese freie Endigungsweise erstreckt und bei welchen Thieren sie in die beim Regenwurm gefundene zelluläre Endigungsweise übergeht. In der That lässt sich von vornherein annehmen, dass bei allen Thieren, welche echte Cerebrospinalganglien an den Wurzeln der Hirn- und Rückenmarksnerven haben, die peripherischen sensiblen Nervenendigungen im Allgemeinen frei auslaufen, sei es im Rete Malpighii der Haut oder im Epithel der Schleimhäute, oder sei es in besonderen Endkörperchen der Cutis. Von besonderem Interesse schien es zu sein, die Verhältnisse bei den niedersten Wirbelthieren zu eruiren. In Uebereinstimmung mit der eben angeführten Annahme vom Vorhandensein freier peripherischer Endigungen bei den mit Cerebrospinalganglien versehenen Thieren habe ich schon vor vierzehn Jahren bei *Myxine* vermittelst der Goldmethode in der äusseren Körperhaut (Epidermis) nur frei auslaufende, verästelte, interzelluläre Nervenendigungen gefunden. Aber auch beim *Amphioxus* sah ich im vorigen Jahre nach Methylenblaubehandlung nur frei endigende, verästelte Nervenfasern in der äusseren Körperhaut. Die Versuche mit der Golgi'schen Methode gaben mir leider bei diesem Thiere keine Ergebnisse. Die Zeit reichte mir aber damals nicht hin, diese Untersuchungen weiter zu führen.

Bei den Untersuchungen, welche ich im vorigen Herbste über das centrale Nervensystem von *Petromyzon fluviatilis* unternahm, bekam ich gelegentlich oft in der äusseren Körperhaut und in der Schleimhaut des Mundes schöne und reichliche Nervenverästelungen zu sehen, und ich zeichnete eine Anzahl solcher Bilder ab.

Vor einiger Zeit empfing ich durch die Gefälligkeit des Verfassers eine Mittheilung F. E. Schulze's[1] über freie Nervenendigungen in der Lippenhaut von Cobitis fossilis.

Zwar hatte schon im Jahre 1882 Zelinka[2] auf Schulze's Veranlassung nach der freien Nervenendigung im Hautepithel der Fische gesucht und dieselbe im vorderen Corneaepithel nachgewiesen, sie in der übrigen Epidermis aber nur sehr wahrscheinlich gemacht; er konnte marklose Nervenfasern eine Strecke weit in das Epithel der Lippenhaut hinein verfolgen, wo sie meist senkrecht zwischen den Zellen emporsteigen; die Beschaffenheit der letzteren, besonders die grosse Anzahl der Becherzellen, machte der weiteren Beobachtung ein Ende.

Nun gelang es aber Schulze, an senkrechten Durchschnitten der Lippenhaut von Cobitis mittelst der Golgi'schen Chrom-Osmium-Silbermethode einzelne der zahlreichen feinen, intensiv schwarz erscheinenden Nervenfasern, welche dicht unter dem Epithel in der Lederhaut parallel mit der Endfläche dahin ziehen und nahezu rechtwinklig umbiegen, bis zu ihrem Ende im Epithel der Haut zu verfolgen. Er sah sie nämlich ziemlich senkrecht zwischen den gewöhnlichen Epithelzellen zur freien Oberfläche emporsteigen. »Zuweilen», sagt er, »kann man eine einzelne Faser ohne jede Theilung oder Verästelung bis zur freien Randschicht verlaufen sehen, wo sie dann einfach quer abgestutzt oder mit einem kleinen Endknötchen endet; gewöhnlich aber findet eine mehrmalige Verästelung oder Abgabe mehr oder minder quer abgehender Seitenzweige statt, welche letzteren ebenso wie die Hauptfasern vielfache kleine oder grössere Knickungen und auch wohl noch weitere ähnliche Verästelungen erfahren.» Der Charakter dieser geschwärzten Fasern stimmt nach Schulze vollständig mit demjenigen der entsprechenden bekannten Fasern im Corneaepithel überein. In der beigegebenen Abbildung, auf welche er übrigens hinweist, sieht man eine Nervenfaser unverzweigt ziemlich senkrecht durch das Epithel ganz bis zur Oberfläche emporsteigen und eine zweite Faser, nach der Abgabe verästelter Seitenzweige, bis zur Nähe der Oberfläche ziehen und frei auslaufen. »Bemerkenswerth erscheint mir», sagt Schulze, »nur noch der Umstand, dass ausser diesen Nervenfasern in den betreffenden Epidermispartien nur die an der Oberfläche öffnenden Becherzellen geschwärzt erscheinen, ohne jedoch jemals mit einer Nervenfaser in Verbindung zu stehen. Auch zu den Kolben, welche durchaus keine Schwärzung erfahren, lassen sich keine derartigen Nervenfasern verfolgen.»

Wie ich oben bemerkt habe, sah ich, indem ich nach sensiblen Endorganen suchte, schon vor Jahren bei *Myxine,* und zwar am schönsten an den tentakelähnlichen Vorsprüngen des Kopfes, die mit Goldchlorid gefärbten Nervenfasern in reichlicher Menge in das Epithel emporsteigen und hier zwischen den Zellen verästelt weiter ziehen, um mit freien, *fast* bis zur Oberfläche des Epithels reichenden Enden auszulaufen. Ich machte indessen keine Mittheilung darüber, weil ich bei eventueller weiterer Nachforschung ausserdem noch eigentliche Endorgane zu finden hoffte.

Bei *Petromyzon,* und zwar sowohl beim erwachsenen Thiere, wie bei noch jungen, 15—20 c.m. langen Individuen und im Larvenstadium (Ammocoetes) erhielt ich, wie oben erwähnt wurde, nach der Anwendung der Golgi'schen Methode an Serien von Quer- und Längsschnitten, welche zur Untersuchung des centralen Nervensystems dienten, gelegentlich hier und da in der äusseren Körperhaut reichliche Nervenverzweigungen, und ich bildete einige derselben ab. Indem es nun, wie oben hervorgehoben wurde, von Interesse zu sein scheint, zu erfahren, wie tief hinab im Thierreich die freien Endigungen der Nerven in der äusseren Körperhaut vorkommen, und durch Schulze's Untersuchungen nachgewiesen ist, dass dieselben bei Knochenfischen vorhanden sind, finde ich es angemessen, eine Mittheilung über das entsprechende Verhalten bei dem noch weit niedriger stehenden Petromyzon zu geben.

Ich werde indessen hier nicht auf die Frage vom Bau der äusseren Haut dieses Thieres eingehen, sondern verweise in dieser Hinsicht nur auf die darauf bezüglichen Arbeiten anderer Forscher, v. A. die neueren von Foettinger und Leydig. Obwohl ich diese Frage an schönen Schnittreihen von Präparaten, die mit Kleinenbergscher und mit Müllerscher Flüssigkeit sowie mit Hämatoxylinlösung behandelt sind, studirt habe, werde ich sie jedoch hier, um mich nicht in zu weite Controversen zu verlieren, lieber übergehen, was um so viel mehr geschehen kann,

[1] Franz Eilhard Schulze, Freie Nervenenden in der Epidermis der Knochenfische. Sitzb. d. Physik.-mathem. Classe v. 11 Febr. 1892. (Separatabdruck).
[2] Carl Zelinka, Die Nerven der Cornea der Knochenfische und ihre Endigung im Epithel. Arch. f. mikrosk. Anatomie Bd 21, 1882.

als in den gewöhnlichen Golgi'schen Präparaten der feinere Bau des Hautepithels nicht besonders deutlich hervortritt. Ich werde deshalb nur die Endverbreitung der Nervenfasern besprechen.

Nachdem die im Ganzen schmalen Nervenfasern die bekanntlich an verschiedenen Stellen des Körpers (dorsale und ventrale Partien) verschieden dicke, dichte Lederhaut (XIII, Fig. 1—5) entweder fast senkrecht oder in mehr schiefer Richtung einzeln oder in kleinen Bündeln passirt haben und dabei, wenigstens in den erhärteten Präparaten, in der Regel etwas zackig oder spiralig verlaufen sind, biegen sie sich an der unteren Epidermisgrenze in fast rechtem Winkel seitlich um und ziehen in dieser Richtung zwischen den unteren Enden der Epidermis weiter. Oft theilen sie sich an der Umbiegungsstelle in zwei Aeste, welche etwa wie Arme der alten Kirchenleuchter nach verschiedenen Richtungen ziehen, um, nachdem sie eine Strecke verlaufen sind und darunter in wechselnder Zahl Seitenäste nach aussen hin abgegeben haben, zuletzt als Endast in derselben Richtung zu ziehen (Fig. 1—5). Alle diese nach aussen hin verlaufenden Aeste sind unter sich von etwa gleicher Dicke und im Ganzen nicht erheblich dicker als die Stammfasern. Sie ziehen nun zwischen den verschiedenartigen Zellen der Epidermis, mithin stets interzellulär, entweder mehr senkrecht (Fig. 4 etc.), oder in schiefer Richtung nach der Oberfläche der Epidermis hin. Während dieses Verlaufes biegen sie sich in kleinen Zacken oder Biegungen nach den Seiten hin um und schmiegen sich in dieser Weise in den Interstitien der Zellen hervor. Hier und da theilen sie sich hierunter dichotomisch, und die beiden Aeste nehmen dann entweder denselben Verlauf nach aussen, oder auch biegt sich der eine Ast seitlich um oder zieht sogar rückwärts, nach innen, um nach kürzerem Verlauf einfach zugespitzt, oder in verschiedener Weise verästelt in der inneren Hälfte der Epidermis zu endigen. Der zweite Ast dagegen setzt gewöhnlich den Weg nach aussen hin fort, um ungetheilt oder verästelt in verschiedener Weise frei auszulaufen.

Das Verhalten aller dieser interzellulär in der Epidermis verlaufenden Nervenfaseräste ist so mannichfach, dass es schwer ist, alle Wechselungen zu beschreiben, und ich verweise deswegen auf die Abbildungen (Fig. 1—5), welche die meisten typischen Formen darbieten.

Wie aus diesen Figuren hervorgeht, bleibt ein Theil der Aeste in der inneren Hälfte der Epidermis, um hier mit freien Endfäserchen zu endigen. Hier und da, aber im Ganzen nur sparsam, theilen sich diese Aeste dichotomisch; an einzelnen Aesten sieht man aber ein reiches Endbüschel (Fig. 1, 2).

Die überwiegende Anzahl der Fäserchen zieht aber in die äussere Hälfte der Epidermis hinaus, um dort in derselben Weise interzellulär mit frei auslaufenden Endästen zu endigen. Nie sah ich indessen, wie in der Figur F. E. Schulze's aus der Lippenhaut von Cobitis, die Nervenfasern bis zur äussersten Oberfläche der Epidermis emporreichen, sondern die äussersten Fäserchen bleiben in der Haut des Petromyzon in der oberen Epidermiszone zwischen den dort befindlichen polygonalen Zellen zurück. In der Fig. 2 sind die Umrisse dieser Zellen punktirt, und man sieht die Nervenäste über und zwischen ihnen endigen. In der Fig. 3 sind zwei solche Zellen in geschwärztem Zustande, wie sie in den Golgi'schen Präparaten oft hervortreten, wiedergegeben. Die Endäste biegen sich hier in der Regel etwas tangential um, ehe sie frei auslaufen.

Alle die Endäste in der ganzen Epidermis erscheinen an ihren letzten Enden etwas gekörnt, varicös; sie sind aber jedenfalls nicht verdickt und eher schmäler als die Fasern, welche in ihnen endigen.

Nie sieht man Nervenfasern, welche in der Epidermis mit Zellen der einen oder anderen Art in etwaiger direkter Verbindung stehen, oder in sie hineintreten. Die Kolbenzellen, welche seit ihrer Entdeckung hin und wieder als etwaige Nervenendapparate betrachtet worden sind, haben offenbar keine derartige Bedeutung. Man sieht sie zwar die Nervenfasern erreichen (Fig. 1, Fig. 3), diese Fasern biegen sich aber um ihre Wölbung herum und setzen ihren Weg weiter nach aussen hin fort, um in der gewöhnlichen Weise interzellulär und mit freien Endästen zu endigen.

Die in der Epidermis des Petromyzon beschriebenen langen, schmalen sog. Sinneszellen (Geschmackzellen, Foettinger), welche sich zuweilen durch das Chromsilber imprägniren lassen (Fig. 1), scheinen mir ebenfalls nicht mit Nervenfasern direkt verbunden zu sein. Ich sah sie von der Oberfläche bis zur Lederhaut reichen und den Kern etwa in der halben Epidermishöhe tragen. Ausserdem färben sich aber auch Zellen ähnlicher Art, welche nur bis zur halben Höhe reichen (Fig. 1).

In Betreff der in der Haut des Petromyzon von Langerhans, Foettinger, Leydig u. A. beschriebenen Sinneszellen, welche gruppenweise in typisch geordneten Grübchen liegen, habe ich bis jetzt keine Erfahrungen

vom Verhalten der Nerven in ihnen mitzutheilen, weil sie in meinen Golgi'schen Präparaten nicht zu sehen sind. Ich hoffe aber bei fortgesetzten Untersuchungen diese Frage eruiren zu können.

An der Schnautze des Thieres läuft eine grosse Anzahl von Nervenfäserchen in die Haut hinaus. Sie färben sich durch das Chromsilber massenhaft und präsentiren ein weniger typisches Aussehen als die Fäserchen der übrigen Haut, indem sie als mehr verwickelte Büschel oder Bündel imponiren; diese Fäserchen treten ebenfalls in die Epidermis hinaus und endigen in derselben Weise, d. h. interzellulär und verästelt, oft fast bis zur Oberfläche, d. h. in die äussersten Zellenlagen, emporziehend, ohne jedoch die freie Fläche zu erreichen.

In der die Mundhöhle bekleidenden Haut sah ich ebenfalls Nervenfasern, welche durch die Lederhaut ins Epithel hineindringen und sich dort in ganz entsprechender Weise verästeln und interzellulär mit freien Aesten endigen. Von besonderem Interesse schien es mir zu erfahren, wie sich die Nervenfasern an den im Epithel eingelagerten Hornzähnen verhalten. Auch an diesen Stellen bekam ich sehr schöne Präparate (verticale Sagittalschnitte) mit reichlicher Nervenverästelung. In Fig. 6 ist ein Stück eines solchen Präparates abgebildet. Die aus der Bindegewebslage (*c*) ins Epithel (*ep*) eintretenden Nervenfasern verzweigen sich sogleich und schicken, wie in der Epidermis, ihre Aeste zuerst eine Strecke tangential. Von diesen Aesten gehen etwas feinere Seitenäste, welche, wie die am Ende umbiegenden Hauptäste, nach aussen hin ziehen und in etwas wellig-zackigem Verlauf bis zur unmittelbaren Nähe des Hornzahns (*hs*) treten, um hier in der Regel umzubiegen und etwas knotig frei zwischen den Epithelzellen zu endigen. In einigen Präparaten sah ich eine reichlichere Verästelung der Nervenfasern in verschiedener Höhe des Epithels. Durch den Hornzahn dringen keine Nervenfasern hinaus, daher in der bei jungen Thieren nach aussen davon befindlichen Epithelschicht keine Nervenäste vorhanden sind.

6.

Zur Kenntniss der motorischen Nervenendigungen.

Taf. XIV—XX.

Bei meinen mehrjährigen Arbeiten und Experimenten mit der Ehrlich'schen und der Golgi'schen Färbungsmethode sah ich oft, mit anderen Fragen beschäftigt, bei verschiedenen Thierarten und in verschiedenen Theilen des Körpers schön gefärbte motorische Nervenendigungen. Ich bildete dabei hin und wieder gelegentlich solche Nervenendigungen ab. Indem ich jetzt eine grössere Anzahl solcher Abbildungen sowohl aus dem Vertebraten- wie aus dem Evertebratenreiche besitze, so finde ich es angemessen, eine Auswahl derselben zu veröffentlichen. Obwohl diese Untersuchungen nicht systematisch durchgeführt wurden und deshalb lückenhaft sind, können sie jedoch dazu beitragen, sowohl eine Uebersicht der Formen der fraglichen Gebilde bei verschiedenen Thiergruppen, wie von der Formenvariation innerhalb derselben Gruppe und sogar bei derselben Thierart zu geben.

Unter den *Wirbellosen* habe ich in dieser Hinsicht *Annulaten (Nereis, Nephthys, Glycera, Lumbricus)* und *Crustaceen (Astacus, Palæmon)* untersucht.

Von *Wirbelthieren* studirte ich die betreffenden Nervenendigungen bei *Amphioxus, Cyclostomen (Myxine, Petromyzon), Knochenfischen (Gobius* etc.*), Elasmobranchiern (Acanthias, Raja), Amphibien (Proteus, Rana), Vögeln (Gallus), Säugethieren (Mus, Lepus).*

Bei einigen Vertebraten (Rana, Mus) habe ich die Nervenendigungen auch im *Herz* und bei Lepus in dem *glatten Muskelgewebe* der Harnblase und der Blutgefässe studirt.

Die vorliegende Mittheilung wird indessen, unter Hinweis auf die Tafeln, nur eine gedrängte, rhapsodische Besprechung des weitläufigen Gegenstandes enthalten. In Uebereinstimmung damit werde ich auf die Geschichte nicht eingehen, um so viel weniger, als dieselbe schon mehrmals ausführlich behandelt worden ist. Ich werde deshalb nur gelegentlich auf die Ansichten und Darstellungen der vielen hervorragenden Forscher, von Rouget, Krause, Kühne, Kölliker und Engelmann an bis auf die neueren von Kühne, Ranvier u. A. eingehen. Nur die neueste Phase der Geschichte, welche durch die Ehrlich'sche und die Golgi'sche Methode geschaffen ist, soll hier etwas eingehender besprochen werden.

Ehrlich[1] erwähnt in seiner ersten Mittheilung unter den von ihm dargestellten Färbungen: »Die Nerven der glatten Muskulatur und des Herzens». »Im Gegensatz hierzu», fügt er bei, »pflegen sich die motorischen Nervenendigungen der Willkürmuskeln nicht zu färben, und habe ich erst nach langem Suchen einige wenige Muskelgruppen angetroffen, die wie die gesammten Augenmuskeln, die des Zwerchfells und des Kehlkopfs hiervon eine Ausnahme machten.» Auch erwähnt er, dass er »typische Muskelendplatten aus dem Augenmuskel» gefärbt hat. Und beim Krebs hat er »leicht Färbungen sensibler und motorischer Nerven» erzielt; bei diesem Thiere konnte er zwei Arten quergestreifter Muskelfasern unterscheiden, von denen die eine, welche aus schmalen, fein gestreiften Fasern besteht, in ihren Innervationsverhältnissen vollkommen dem Typus der glatten Muskelfasern entspricht, »indem die Nerven sich intensiv färben und intramusculäre Plexus bilden»; die zweite Art breiterer und

[1] P. Ehrlich, Ueber die Methylenblaureaction der lebenden Nervensubstanz. Separatabdruck aus der Deutschen Medic. Wochenschrift, 4, 1886.

grob quergestreifter Fasern entspricht dagegen vollkommen den quergestreiften Muskelfasern der höheren Thiere, »indem die Nerven isolirt verlaufen, Oberflächenverzweigungen bilden, welche durch Methylenblau nur ganz ausnahmsweise gefärbt werden». Auch bei Würmern hat Ehrlich Färbungen des Nervenmuskelsystems erzielt, er hat aber keine weitere Beschreibung von ihnen geliefert.

Arnstein[1], welcher bald nachher die Ehrlich'sche Methode an verschiedenen Organen prüfte, erhielt beim Muskelgewebe Färbungen der Nervenfasern in dem Brusthautmuskel und den Augenmuskeln des Frosches; wenn es beim ersteren gut gelang, sah er »eines der zierlichsten histologischen Bilder», und überzeugte sich, dass dabei nur der Axencylinder und seine Terminalzweige gefärbt werden; alle Kerngebilde und sog. Endknospen bleiben ungefärbt; von einem intravaginalen Nervennetze sah er nichts. Auch beim Herzmuskel und bei der glatten Muskulatur (Magen, Darm, Harnblase) bekam Arnstein eine reichliche Färbung der Nerven, auf welche Untersuchungen ich unten zurückkomme.

In demselben Jahre veröffentlichte Biedermann[2] seine Arbeit über Nerven und Nervenendigungen in den quergestreiften Muskeln der Wirbellosen. Seine Untersuchungen waren mit der Ehrlich'schen Methode beim *Krebs* und vergleichsweise bei einigen Insecten (Käfern) ausgeführt, und aus seinen Ergebnissen soll hier mitgetheilt werden, dass die Verzweigung der Nervenfasern fast ohne Ausnahme durch gleichzeitige, dichotomische Theilung aller oder wenigstens einiger der im Stämmchen enthaltenen Axencylinder erfolgt; ferner dass die feinsten Endverzweigungen in der Regel nur von je zwei zusammengehörigen, gemeinsam und parallel verlaufenden Axencylindern gebildet werden, welche in einer und derselben Muskelfaser in ganz distincter und, wie es scheint, gleicher Weise endigen.

Cuccati[3] untersuchte mit Methylenblau und pikrinsaurem Ammoniak die motorischen Nervenendigungen beim Frosche und unterschied vier Typen derselben (»le piastre nastriformi», »le reticolate», »le retiformi a maglie incomplete», »le aciniformi picciolate»). Aus seinen Abbildungen sieht man auch, dass die Einwirkung des pikrinsauren Ammoniaks eingetreten ist, indem sich, besonders an den Rändern der »piastre», eine dunklere, meist körnig erscheinende Substanz ausgeschieden hat, deren verschiedene Anordnung Cuccati eingehender beschreibt.

In einer bald danach erschienenen Abhandlung beschrieb Cuccati[4] die motorischen Nervenendigungen bei Triton und stellte hier 5 Typen derselben auf, nämlich: 1. Piastre nastriformi composte; 2. P. n. composte con lamine filiformi; 3. P. a globetti disseminati; 4. Piastrette a forme aberranti; 5. Piastre grappoliformi. In demselben Muskel können Endigungen verschiedener Grösse, Gestalt und anatomischer Composition gefunden werden.

J. v. Gerlach[5] erhielt vermittelst der Ehrlich'schen Methode an lebenden Muskeln des Frosches Präparate, welche die Richtigkeit der früher von ihm an Goldbildern gewonnenen Anschauungen bestätigten; das sarcoplasmatische Gerüstwerk des Muskelfadens steht mit den Endverzweigungen des intravaginalen Netzwerkes in direkter Verbindung.

Im Jahre 1890 erschienen Arbeiten von Feist und Dogiel, welche beide auf Grund von Untersuchungen mit der Ehrlich'schen Methode, den fraglichen Gegenstand behandelten.

Feist[6], welcher indessen nur beiläufig die motorischen Nervenendigungen besprochen hat, konnte »vollkommen die Kühne'sche Ansicht von der Natur des Axialbaumes und des Stroma» bestätigen. Er sah fast an allen motorischen Nervenendigungen eine Differenzirung in einen centralen oder axialen und einen peripheren Theil. Der erstere ist dunkelblau und scharf contourirt gegen den hellblauen peripheren abgesetzt, und er ist durch Pikrokarmin gut zu fixiren. »Diffuse Bläuung der Nervenendigung ohne diese Differenzirung kam mir zwar öfters zu Gesicht, jedoch bei Pikrokarminzusatz differenzirte sich regelmässig bei hinreichend intensiver Färbung der Nervenendigung ein axialer Faden, während die periphere Partie — das Stroma — seine blaue Farbe verlor und die gelbe das Pikrokarmin annahm oder in blaue Kügelchen zerfiel.» »Da ich», sagt Feist, »den Centralfaden der zur Muskel-

[1] C. Arnstein, Die Methylenblaufärbung als histologische Methode. Anatomischer Anzeiger, 2 Jahrg. 1887 N:r 5.

[2] W. Biedermann, Zur Kenntniss der Nerven und Nervenendigungen in den quergestreiften Muskeln der Wirbellosen. Sitzber. d. K. Akad. d. Wissensch. in Wien, Bd 96, 3, 1887.

[3] G. Cuccati, Delle terminazioni nervee nei muscoli addominali della rana temporaria e della rana esculenta. Internat. Monatsschrift f. Anat. u. Physiol. 1888. Bd 5.

[4] G. Cuccati, Intorno al modo onde i nervi si distribuiscono e terminano nei polmoni e nei muscoli addominali del triton cristatus. Internat. Monatsschrift f. Anat. u. Physiol. 1889, Bd 6.

[5] J. v. Gerlach, Ueber die Einwirkung des Methylenblaus auf die Muskelnerven des lebenden Frosches. Sitzber. d. math.-phys. Cl. d. k bayer. Akad. d. Wiss. 1889, Bd 19.

[6] B. Feist, Beiträge zur Kenntniss der vitalen Methylenblaufärbung des Nervengewebes. Archiv f. Anat. u. Physiol., Anat. Abth. 1890.

faser tretenden Nervenfaser, nachdem er die Markscheide und periphere Axencylindersubstanz an derselben Stelle verloren hat, sich direkt als Axialkrume fortsetzen sah, wie es die Kühne'schen Goldpräparate zeigen, zweifle ich nicht, dass wie der Centralfaden so auch die Axialkrume einer Aggregation der fibrillären Bestandtheile des Axencylinders gleichzusetsen sei, obwohl es mir bisher noch nicht gelang, auch in der Axialkrume die Fibrillen durch protrahirte Pikrokarminbehandlung sichtbar zu machen.»

Dogiel[1] untersuchte bei Fröschen und Eidechsen die motorischen Nervenendigungen nach der Behandlung mit Methylenblau und pikrinsaurem Ammoniak. Beim Frosche erhält eine Muskelfaser einen, zwei oder mehrere motorische Nervenendapparate. Nach der Abgabe der Schwannschen und Henleschen Scheide tritt der Axencylinder mit der Markscheide unter das Sarcolemma, wobei die letztere bald verschwindet; der entblösste Axencylinder aber zieht sich längs der Muskelfaser in Form eines mehr oder weniger stark gebogenen varicösen Fädchens hin, welches nicht selten mit einer grossen varicösen Verdickung endigt; die Endnervenzweige sind oft recht dick und geben kurze Fortsätze ab, so dass der Zweig gezähnt erscheint; jedes Zähnchen kann seinerseits noch weitere kürzere Seitensprossen abgeben; in einigen Fällen zerfällt der Axencylinder in 2—3 sich nicht weiter theilende Endästchen, welche in einer Richtung längs der Muskelfaser laufen, oder sie gehen in verschiedenen Richtungen auseinander. Ausserdem gehen vom Axencylinder bisweilen sekundäre und tertiäre Endnervenzweige ab, welche sich in wechselnder Weise an der Muskelfaser verzweigen. In den Muskeln der Extremitäten werden viele Muskelfasern mit Nervenendapparaten versorgt, die sich in ihrer Form durch nichts von den motorischen Endplatten in den Muskeln der Reptilien, Vögel und Säugethiere unterscheiden; nur die granulirte Kerne enthaltende Substanz fehlt. Anastomosen unter den einzelnen Endzweigen finden sich gewöhnlich selten, dennoch kann man unter den Muskelfasern eines und desselben Muskels solche finden, deren Nervenendapparate aus einem Netze von dünnen anastomosirenden Nervenzweigen bestehen. Bei vollständig gelungenen Tinctionen konnte Dogiel keinen anderen Zusammenhang mit der Muskelfaser constatiren, als den des einfachen Anlagerns; die Endzweige liegen zwischen dem Sarcolemma und der Substanz der Muskelfaser, ohne in die Tiefe derselben zu dringen. Bei den *Reptilien* (Lacerta) zerfällt der Axencylinder nach dem Eintritt in die feinkörnige Substanz in einige dünne Aestchen; jedes verdickt sich am Grunde der Sohle bedeutend und theilt sich in etliche (2—3—4) ähnliche, mehr oder weniger dicke und kurze, häufig stellenweise erweiterte Aestchen; keinerlei Fortsetzungen derselben in die Tiefe der Muskelsubstanz sind zu beobachten; nur selten werden Anastomosen zwischen den einzelnen Endästchen angetroffen. In den dicken Endästchen färbt sich ein mittlerer Axentheil bedeutend intensiver; derselbe hat die Gestalt eines dünnen Fadens, welcher leicht bis zur Theilungsstelle des Axencylinders verfolgt werden kann. Durch Pikrokarmin treten in diesen Präparaten noch die Kerne und die granulirte Substanz hervor.

In meiner Arbeit über das Nervensystem der Crustaceen beschrieb ich[2] die motorischen Nervenendigungen bei *Palœmon* und *Astacus*. Nach der Abgabe der Myelinscheide laufen bei Palæmon die Nervenfasern nackt aus, theilen sich dichotomisch und setzen sich als feine knotige, perlenschnurartige Aestchen fort, welche die Muskelfasern eng umspinnen und an ihnen frei endigen. Bei Astacus endigen die motorischen Nervenfasern in ähnlicher Weise.

Bei den Nemertinen hat Bürger[3] motorische Nervenendigungen durch Methylenblau dargestellt, welche mit den von mir bei den Crustaceen nachgewiesenen übereinstimmen.

Endlich hat Ramón y Cajal[4] an den Flügelmuskeln der *Insecten* vermittelst der Golgi'schen Methode Plexus umspinnender verzweigter Ganglienzellen beschrieben; und Rina Monti[5], deren Mittheilung ich während des Druckes der vorliegenden Arbeit erhielt, hat vermittelst der Ehrlich'schen Methode, ebenfalls bei Insecten, Nervenendigungen an den Muskeln dargestellt, welche den von Biedermann und mir bei Crustaceen nachgewiesenen sehr ähnlich sind.

[1] A. S. Dogiel, Methylenblautinction der motorischen Nervenendigungen in den Muskeln der Amphibien und Reptilien. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 35, 1890.

[2] Gustaf Retzius, Zur Kenntniss des Nervensystems der Crustaceen. Biolog. Untersuchungen N. F. I, Stockholm 1890.

[3] Otto Bürger, Beiträge zur Kenntniss des Nervensystems der Wirbellosen. Neue Untersuchungen über das Nervensystem der Nemertinen. Mittheil. a. d. zoolog. Station zu Neapel, 10 Bd, 1891.

[4] S. Ramón y Cajal, Sobre la terminación de los nervios y tráqueas en los músculos de las alas de los insectos. Trabajos del laboratorio anatómico de la Facultad de Medicina di Barcelona 1890.

[5] Rina Monti, Ricerche microcop. sul sistema nervoso degli insetti. Rendiconti del R. Istituto Lombardo, Anno 1891, Ser. 2, Vol. 25.

Ich gehe jetzt zur Darstellung der Ergebnisse über, welche in dieser Abhandlung in gedrängter Form besprochen werden sollen. Die meisten derselben wurden mit der Ehrlich'schen Methylenmethode, die übrigen mit der schnellen Golgi'schen Chrom-Osmium-Silbermethode gewonnen. Ich fange mit den **Wirbellosen** an.

Bei den *Würmern* sah ich die motorischen Nervenendigungen schon vor Jahren bei Annulaten: theils *Polychäten* nämlich bei *Nereis, Nephthys, Lepidonotus, Glycera,* bei welchen ich die Ehrlich'sche Methode benutzte; theils auch in neuerer Zeit bei *Oligochäten: Lumbricus,* bei welchem die Golgi'sche Methode zur Darstellung diente. In Betreff der letzteren Thiere verweise ich auf die oben in diesem Buche gelieferte Abhandlung »Das Nervensystem der Lumbricinen», in welcher die motorischen Nervenendigungen beim Regenwurm, durch mehrere Abbildungen veranschaulicht, besprochen worden sind.

Bei den *polychäten* Annulaten zeigten nach der Methylenblaufärbung die motorischen Nervenenden denen des Lumbricus ähnliche Verhältnisse. In den Fig. 1—3 der Taf. XIV habe ich von *Nereis* drei Partien abgebildet, welche als charakteristisch betrachtet werden können; in allen dreien sieht man die blau gefärbten, schmalen Nervenfasern über die Muskelbündel hinziehen und nach wiederholter dichotomischer Theilung mit frei auslaufenden, hier und da knotig-varicösen Enden aufhören. Die Richtung der Nervenfasern im Verhältniss zu derjenigen der Muskelbündel ist verschieden. Bald sieht man den Hauptast quer über die Muskelbündel ziehen und den Seitenast in ihrer Längsrichtung verlaufen, um dann die Endäste theils quer über, theils der Länge nach zu schicken; bald, und dies scheint oft vorzukommen, zieht der Hauptast in schiefer Richtung über die Muskelbündel und giebt die Endäste in ihrer Längsrichtung ab (Taf. XIV, Fig. 2). Die knotigen Verdickungen sind gewiss als natürliche Gebilde und nicht als Kunstproducte zu betrachten; sie stimmen vollständig mit den bei Lumbricus mittels der Golgi'schen Methode dargestellten überein und sind offenbar an den Endigungen der Nerven mit den motorischen Endplättchen höherer Thiere zu vergleichen. Bei *Glycera* (Fig. 4) sah ich in der That an den Muskeln Nervenendigungen, welche diese Auffassung verificiren, indem ihre Form mit derjenigen bei den höheren Thieren noch mehr übereinstimmt.

Was die *Crustaceen* betrifft, so habe ich schon früher in der oben angeführten Abhandlung über das Nervensystem dieser Thiere die motorischen Nervenendigungen besprochen. Ich verweise deshalb auf das dort Gesagte und füge hier nur einige neue Abbildungen bei, nämlich die Fig. 5 d. Taf. XIV von *Astacus* und die Fig. 6 und 7 von *Palæmon.* Besonders die letzteren Thiere bieten eine grosse Uebereinstimmung mit den entsprechenden Bildungen bei Vertebraten dar, um so viel mehr, als die kernführende, myelinhaltige Scheide und die Einschnürungen der Nervenfaser eine grosse Aehnlichkeit zeigen. Die dichotomische Verzweigung der Endäste und v. A. ihre rundlichen oder ovalen Endknöpfe oder, richtiger, Plättchen von verschiedener Grösse sind sehr charakterisch und ähneln denjenigen der höheren Thiere in hohem Grade.

Die angeführten Beispiele, zusammen mit den oben vom Lumbricus mitgetheilten, dürften hinreichen, um die Verhältnisse bei den angeführten Thieren zu illustriren.

Ich gehe deshalb zu den **Vertebraten** über.

In Betreff des *Amphioxus* habe ich[1] in meiner Abhandlung über das Nervensystem dieses Thieres zusammen mit historischen Angaben schon im Allgemeinen den Verlauf der motorischen Nervenfasern beschrieben und eine Abbildung derselben geliefert. Diese von einigen Forschern als »quergestreift» beschriebenen und in eigenthümlicher Weise aufgefassten, sich durch Methylenblau intensiv färbenden Nervenfasern laufen in zwei Hauptbündeln, einem dorsalwärts und einem ventralwärts gerichteten, von der Rückenmarksgegend her. Die Fasern trennen sich schon von Anfang an, etwas gespreizt, von einander und verlaufen in der Regel unverzweigt zwischen den Muskelbündeln ziemlich gerade, nur mit schwachen Biegungen, und ebenfalls ziemlich parallel in den angegebenen Richtungen weiter. Ihre sogenannte »Querstreifung» rührt von starken Varicositäten her, welche in ihrer ganzen Ausbreitung in gewissen, jedoch nicht völlig gleichen Abständen vorhanden sind. In der Fig. 8 der Tafel XIV habe ich die untere Partie eines aus fünf Fasern bestehenden Nervenbündels abgebildet. Man sieht hier die Fasern einzeln und in gewisser Entfernung von einander verlaufen; aus der Abbildung geht indessen nicht hervor, dass sie in verschiedenen Niveaus liegen, indem sie zwischen den in der entgegengesetzten Richtung angeordneten Muskelfasern hinziehen. Man sieht ferner in diesem Präparate (unten in der Fig.) die Endigungen der Fasern, welche nur an einigen Stellen, gegen die Enden hin, sich dichotomisch theilen. Wie aus der Abbildung

[1] Gustaf Retzius, Zur Kenntniss des centralen Nervensystems des Amphioxus lanceolatus. Biolog. Untersuchungen, N. F. II, Stockholm, 1891.

hervorgeht, sind die Fasern an ihren Endigungen fast von gleichem Aussehen wie in ihrem übrigen Verlaufe. Die Varicositäten präsentiren sich als rundliche oder ovale, oft mit ihrer Längsaxe quer über die Nervenfaser angeordnete Scheiben von verschiedener Grösse; im Allgemeinen scheinen sie in der Weise den Muskelfasern zu entsprechen, dass je eine Scheibe einer Muskelfaser entspricht; zuweilen trifft man jedoch zwei oder noch mehr kleinere Scheiben an einer Faser. An den letzten Enden der Fasern sind die Scheiben hin und wieder grösser und schmelzen gewissermassen zu längeren, unregelmässigen Bildungen zusammen.

Im Ganzen kann ich nicht umhin, diese sich stark blau färbenden, scheibenförmigen Verdickungen, welche überall in dem Verlaufe der motorischen Nervenfasern angeordnet sind, als *motorische Scheiben,* motorische Endorgane, aufzufassen. Es liegt demnach hier eine eigenthümliche Form motorischer »Endorgane» vor, indem dieselben nicht nur an den letzten Endigungen der betreffenden Nervenfasern, sondern in ihrem ganzen Verlaufe angebracht sind. Zuweilen trifft man indessen kleine Partien, welche der bei anderen Thieren gewöhnlichen Anordnung ähneln, wie in Fig. 8 (rechts) und in Fig. 9; solche Stellen sind aber nur seitliche, ziemlich seltene Abzweigungen der sonst in der oben beschriebenen Weise gebauten Nervenfasern.

Bei *Myxine* färben sich nach der Injektion von Methylenblaulösung in die subcutanen Lymphräume die Nervenfasern in grosser Ausbreitung und sehr leicht, wobei die motorischen Nervenendigungen in schönster Weise hervortreten. Dieses Thier bietet deshalb ein vortreffliches Object dar, um die fraglichen Verhältnisse zu studiren. Ich habe sie auch vor einigen Jahren gelegentlich in grosser Menge durchmustert. Die Fig. 1 der Taf. XV stellt eine charakteristische Partie dar. Im Ganzen treten die motorischen Nervenendigungen bei *Myxine* in zwei Formen auf; entweder laufen die Nervenfasern, welche den bindegewebigen Myocommata folgen, ganz einfach oder nur wenig verzweigt aus und legen sich den Muskelfasern nach ihrer Längsrichtung an, indem sie hier und da mit mehr oder weniger zahlreichen Endplatten versehen sind; oder auch verzweigen sie sich wiederholt dichotomisch und nehmen eine rundliche oder ovale Partie ein, wobei sie mit Endplatten versehen sind; diese letztere Form ähnelt in der That derjenigen der motorischen Nervenendigungen der höheren Wirbelthiere. Man trifft dieselbe hauptsächlich in der Nähe der Enden der Muskelfasern, während die erste, einfache Form sich etwas weiter hinauf von den Enden zieht. In den Fig. 2 der Taf. XV ist ferner die Nervenendverzweigung eines *rothen* Muskels und in Fig. 3 im Muskel des Caudalherzens abgebildet. Die Fig. 4 derselben Tafel stellt die Endverästelung an den breiten Muskelfasern des Schlundes dar. In Fig. 5 ders. Taf. ist eine schöne Endverästelung der Kopfmuskulatur abgebildet; die feinen Aeste ziehen hier in eigenthümlichen Biegungen, ohne Anastomosen einzugehen.

Die motorischen Nervenendigungen des *Petromyzon* habe ich nur gelegentlich an Präparaten studirt, welche mit der Golgi'schen Färbungsmethode behandelt und für die Untersuchung des centralen Nervensystems berechnet waren. Hier sah ich oft motorische Nervenendigungen, die indessen stets einen einfachen Typus zeigten, indem die Fasern sich nur sparsam verästelten und hier und da an ihren Endzweigen mit kleinen Platten versehen waren.

Bei den *Knochenfischen* sah ich motorische Endigungen bei verschiedenen Genera. Vom Gobius Ruthensparri bildete ich eine Partie ab (Taf. XV, Fig. 10). Von den markhaltigen Nervenfasern ziehen Endzweige und Seitenzweige, nach der Abgabe der Myelinscheide, nackt zwischen die Muskelfasern hinaus und endigen an ihnen nach einfacher oder mehrfacher Verästelung und mit scheibenartigen oder mehr bandartig-verlängerten Endscheiben.

Bei den *Knorpelfischen* färben sich die motorischen Nervenendigungen leicht und stellen interessante Formen dar. Von *Raja clavata* (Taf. XV, Fig. 6 u. 7) bildete ich einige der gewöhnlichen Formen ab. Von den markhaltigen Nervenfasern steigen Endäste und Seitenäste zu den Muskelfasern und verästeln sich an ihnen entweder mit einfacheren oder mehr zusammengesetzten Endverzweigungen, welche in der Regel eine rundlich-ovale Stelle einnehmen, zuweilen aber auch in die Länge gezogen sind (Fig. 7); oft ziehen die Aeste in gewundenem Verlaufe hervor. Die Endscheiben sind theils rundlich oder oval, theils mehr bandartig.

Bei *Acanthias vulgaris* (Taf. XV, Fig. 8 u. 9) sah ich nur einfachere Formen; wahrscheinlich kommen aber auch hier, wie bei Raja, complicirtere Formen vor. Ein Anastomosiren der Endverästelungen konnte ich bei Raja und Acanthias nie wahrnehmen.

Von *Amphibien* untersuchte ich, wie oben erwähnt, *Proteus* und *Rana.* Beim ersteren hat Kühne Beispiele von motorischen Nervenendigungen abgebildet, welche durch ihre grosse Einfachheit (einfache Stangengeweihe) imponiren. Durch Methylenblaufärbung bekam ich bei Proteus eine grössere Anzahl schön gefärbter Endigungen,

welche unter sich einen sehr wechselnden Typus darboten. In den Fig. 1 und 2 der Taf. XVI sind einige derselben in ihrer natürlichen Lage und Anordnung abgebildet. Man trifft ganz einfache Formen zusammen mit zusammengesetzteren. Zuweilen theilt sich die Nervenfaser nach der Abgabe der Myelinscheide in zwei feine Aeste, welche eine Strecke an je einer Muskelfaser verlaufen und, entweder weiter verzweigt oder unverzweigt und hier und da mit rundlichen oder ovalen Platten versehen, an den Muskelfasern endigen (Taf. XVI, Fig. 1, rechts). An anderen Muskelfasern sieht man die Aeste der Nervenfaser sich wiederholt theilen und mit einer grösseren oder geringeren Anzahl von Aestchen auslaufen, welche mit Endplatten in verschiedener Menge und Anordnung versehen sind (Fig. 1, links, Fig. 2). Die Platten können von sehr wechselnder Grösse und Gestalt sein, wie die in der Fig. 2 (Taf. XVI) abgebildeten Endverzweigungen zeigen. Endlich ist in Fig. 3 der Taf. XVI bei starker Vergrösserung eine motorische Endverzweigung abgebildet, um mit grösster Genauigkeit die wechselnde Gestalt und Anordnung der Endplatten zu zeigen. Dieses Präparat war mit pikrinsaurem Ammoniak behandelt, weshalb in der Substanz der Platten eine Differenzirung in zwei Substanzen eingetreten ist; hier und da sieht man eine schwache Andeutung zu einer Axenfaser und zu körnigen Ausscheidungen, die jedoch keine bestimmte Structur angeben. Was die Wechselungen in der Form der Platten betrifft, so gehen dieselben aus den Abbildungen besser hervor, als aus einer detailirten Beschreibung, weshalb ich auf eine solche verzichte. Jedenfalls findet man, dass die motorischen Nervenendigungen auch beim Proteus eine recht bedeutende Complicirtheit darbieten können.

Bei *Rana temporaria* (Taf. XVI, Fig. 4—7; Taf. XVII) sind die motorischen Nervenendigungen schon seit lange untersucht, und gerade bei dem Frosche sind wohl die meisten hierauf bezüglichen Forschungen ausgeführt worden. Namentlich hat ihr Entdecker, Kühne, sie eingehend beschrieben und viele Beispiele von ihnen abgebildet. Ich habe mit der Methylenblaumethode dieses Object oft gelegentlich behandelt und eine Anzahl von Abbildungen gemacht, von welchen auf den Tafeln mehrere mitgetheilt worden sind. In dem Hautbrustmuskel, wie in den übrigen Körpermuskeln, trifft man, wie von den meisten Autoren angegeben worden ist, mehrere verschiedene Formen der motorischen Nervenendigungen. Die in der Fig. 4 der Taf. XVI sowie die in Fig. 1, 2, 3 der Taf. XVII abgebildeten stellen im Ganzen die gewöhnlichsten Formen (Stangengeweihe) dar und entsprechen den von den Autoren mehrfach abgebildeten Typen. Die Nervenfaser giebt ihre Myelinscheide ab und theilt sich, einmal oder wiederholt, in zwei oder mehrere feinere Aeste, welche sich bald wieder verbreitern und, in der Regel in der Längsrichtung der Muskelfaser, in eigenthümlichen welligen Biegungen verlaufen sowie, entweder weiter verzweigt oder unverzweigt, mehr oder weniger spitz auslaufen und frei enden. Diese Aeste sind bald nur schmal, wie die Fig. 4 der Taf. XVI zeigt, oder breit, wie die Fig. 1, 2, 3 der Taf. XVII angeben; besonders in letzterem Falle sind ihre Ränder in unregelmässiger Weise gezackt. Die Verzweigung der Fasern kann sehr einfach sein, wie bei der Faser rechts in der Fig. 1 der Taf. XVII, oder verschieden complicirt, wie bei den übrigen Fasern der Figuren. Die Verzweigungsweise ist übrigens manchen Wechselungen unterworfen, und es lohnt sich kaum, eine eingehendere Beschreibung derselben zu geben, weshalb ich auf die angeführten Figuren verweise. Ich werde hier nur hervorheben, dass die Nervenfaser sich nicht immer sogleich nach der Abgabe der Myelinscheide verzweigt, sondern zuweilen eine Strecke verläuft, ehe dies geschieht (Taf. XVII, Fig. 2, die untere Faser); in anderen Fällen nimmt, wie schon von anderen Autoren angegeben worden ist, der eine Ast wieder die Myelinscheide auf, um erst an der folgenden Einschnürungsstelle in die Endverzweigung überzugehen (Taf. XVII, Fig. 1, links).

Nach der Fixirung in pikrinsaurem Ammoniak treten bald die von Cuccati beschriebenen Randkörner, bald der von Feist geschilderte Axenfaden auf (Fig. 5, 6, 7 der Taf. XVI). In der Fig. 5, welche, wie die Fig. 6 und 7, bei starker Vergrösserung ausgeführt ist — sie sollten eigentlich alle drei in violettem Farbenton wiedergeben sein — sieht man die durch das Fixirungsreagenz eingetretene Differenzirung in zwei verschieden gefärbte Substanzen, nämlich in den von Feist beschriebenen, stark gefärbten Axenfaden und in eine breitere periphere, schwächer gefärbte Partie. In Fig. 6 tritt ebenfalls hier und da der Axenfaden hervor. In beiden, sowohl wie in Fig. 7, sind auch einige Randkörner, wie die von Cuccati erwähnten, nachweisbar. Ich habe solche Fixirungsbilder schon vor mehreren Jahren gesehen, konnte mich aber nie sicher davon überzeugen, ob sie der Natur entsprechen oder durch das pikrins. Ammoniak entstandene Kunstproducte sind. Bei einfacher Methylenblaufärbung konnte ich sie nicht wahrnehmen.

An den Körpermuskeln von Rana kommen dann auch Nervenendstellen von einem verschiedenen Typus vor, welche den von Proteus abgebildeten mehr ähneln. Da ich indessen diese Form bei den *Augenmuskeln* von Rana in überwiegender Menge und von noch distincterer Art angetroffen habe, so werde ich sie von diesem Ort be-

schreiben. In der Fig. 4 der Taf. XVII habe ich eine grössere Partie einer Nervenverzweigung an den Muskelfasern eines Augenmuskels verfolgt; diese Nervenfasern haben ihre Markscheide abgegeben und laufen nackt eine lange Strecke, theilen sich zuweilen und senden Seitenzweige aus, welche an den Muskelfasern mit rundlich ovalen Scheiben enden. Zuweilen ist die Endverzweigung sehr einfach, zuweilen mehr complicirt, indem die Zahl der Endäste und ihrer Platten verschieden gross ist, wie aus der Fig. 4 der Taf. XVII hervorgeht. In den Fig. 5—10 sind noch einige derartige Nervenendverzweigungen aus den Augenmuskeln dargestellt, welche die gewöhnlicheren Formen wiedergeben. Die Fig. 7 und 10 stellen nur Uebergangsformen zu den oben bei den übrigen Körpermuskeln beschriebenen Formen dar, indem die einzelnen Platten hier und da zu lamellären, bandartigen Gebilden verbunden sind.

Bei der Uebersicht der bei Rana vorhandenen motorischen Nervenendigungen kann ich mich kaum der Eintheilung Cuccati's in 4(—5) Typen anschliessen. Zwar wechseln die vorkommenden Formen in mancher Weise. Sie sind aber durch Uebergänge unter einander verbunden, und eine so umständliche Eintheilung der Formen wird immer gekünstelt. Indessen kann man hier zwei Kategorien, zwei Haupttypen von Endplatten unterscheiden; die *bandförmigen* und die *scheibenförmigen,* welche jedoch, wie die angeführten Abbildungen zeigen, ebenfalls durch Uebergänge verbunden sind.

In Betreff des Zusammenhanges der Nervenfaser mit der Muskelfaser geben zwar die Methylenblaupräparate, um diese wichtige Frage endgültig zu entscheiden, kaum hinreichend sichere Resultate. Wie die Goldbilder zeigen sie indessen, dass es der Axencylinder selbst ist, welcher sich alleine verästelt und in die Endausbreitungen direkt übergeht. Es ist offenbar die Substanz des Axencylinders, welche sich in die bandförmigen, sowohl als in die scheibenförmigen Endplatten ausbreitet. Eine Structur in dieser Substanz lässt sich durch Methylenblau nicht darlegen; die durch das pikrinsaure Ammoniak hervorgerufene Differenzirung ist, wie oben bemerkt wurde, noch zweifelhaft. An den Methylenblau-Präparaten konnte ich ferner nie sicher sehen, ob die Endplatten auf oder unter dem Sarcolemma liegen, so dass ich zur Lösung dieser alten Streitfrage nicht beitragen kann. Nur bei abgelöstem Sarcolemma lässt sich dies sicher entscheiden. Immer sah ich die Endplatten der Muskelfaser so dicht anhaften, dass ein Zwischenraum nie sichtbar war. Die leichte, reine Färbung der Nervenfasern und ihrer Endscheiben, ohne gleichzeitige Färbung des Inhalts der Muskelfaser, scheint mir indessen für eine Anhaftung an der Aussenseite des Sarcolemmas zu sprechen, denn an den abgerissenen Enden der fraglichen Muskelfasern sah ich in der Regel gleichzeitig eine diffuse Bläuung des Muskelfaserinhalts. In diesem Inhalt färben sich jedoch oft gerade beim Frosche, bei unversehrtem Sarcolemma, einzelne Körnchen und Körnchenreihen, wie J. v. Gerlach hervorgehoben hat. Ich versuchte manchmal, diese scheinbar in unregelmässiger Weise zerstreuten Körnchen zu studiren und ihr Wesen herauszufinden, jedoch ohne Erfolg. Hin und wieder sah ich sie durch äusserst feine Fädchen verbunden, und es hatte den Anschein, als ob sie einem durch die Substanz distribuirten Netze angehörten, welches indessen mit dem übrigem Sarcoplasmanetz nicht ganz identisch war. Diese Frage konnte jedoch nicht sicher eruirt werden, und ich erwähne es nur, um möglicherweise andere Forscher zu eingehenderer Untersuchung zu veranlassen. Einen Zusammenhang der fraglichen gekörnten, äusserst dünnen Fädchen mit den Endplatten der Nervenfaser vermochte ich nicht darzuthun. Hin und wieder sah ich aber von den Rändern der Endplatten feine körnige, verästelte Fäserchen auslaufen, die jedoch bald wieder aufhörten und frei zu endigen schienen (Taf. XVII, Fig. 7, 8). Jedenfalls sind solche Fäserchen, wenn vorhanden, als Seitenäste der Endplatten zu betrachten; einen Zusammenhang mit dem oben erwähnten, im Inneren der Muskelfaser vielleicht vorhandenen Fasernetzes oder Geflechtes vermochte ich jedoch nicht darzuthun.

In der Regel wird angegeben, dass bei den Endverzweigungen der motorischen Nervenfasern »*Anastomosen*» der Aeste vorkommen können, obwohl sie sparsam oder sogar selten sind. Dogiel äussert sich auch in derselben Weise. Ich muss gestehen, dass ich *nie* eine wirkliche Anastomose an den Endplatten und ihren Aesten gesehen habe; es konnte zuweilen den Anschein eines Zusammenfliessens der Substanz derselben haben, bei genauerer Betrachtung war jedoch ein Zusammenhang nicht vorhanden. Immer sah ich nur eine Verästelung mit frei auslaufenden Zweigen.

Die *Reptilien* und *Vögel* habe ich in Betreff der motorischen Nervenendigungen mit der Methylenblaufärbung nur ausnahmsweise untersucht, und ich werde deshalb bei ihnen nicht näher auf die fraglichen Verhältnisse eingehen. Beim *Hühnchen* sah ich indessen eine Anzahl von solchen Endigungen, welche mit der Golgi'schen Methode gefärbt waren. Sie erwiesen sich hier im Allgemeinen als auffallend einfach; die feinen Nervenfasern verästelten sich wiederholt

dichotomisch und liefen, hier und da mit scheibenförmigen Verdickungen versehen, an den Muskelfasern aus (Taf. XX Fig. 1). Dies stimmt ja vollständig mit der Darstellung Kühne's überein. Er fand auch bei den Vögeln (Canarienvogel, Huhn etc.) nur einfach gestaltete motorische Nervenendigungen, welche denjenigen der Amphibien viel ähnlicher waren, als denen der Reptilien.

In Betreff der *Säugethiere* werde ich v. A. die Befunde beim *Kaninchen* besprechen. In den Körpermuskeln färben sich ebenfalls verästelte Endverzweigungen motorischer Fasern, welche den durch die Goldfärbung hervorzurufenden, bekannten Gebilden ähnlich sind, obwohl die feinkörnige Substanz der Sohle nicht hervortritt und die Kerne derselben erst durch den Zusatz von Pikrokarmin gefärbt werden. Nun fand ich aber in den Augenmuskeln des Kaninchens Endverzweigungen, die von dem bekannten gewöhnlichen Typus sehr abweichen, weshalb ich ihnen eine Untersuchung widmete. Auf der Taf. XVIII habe ich eine Anzahl derselben abgebildet. Wie schon ein Blick auf diese Tafel zeigt, liegt hier eine Variation der Formen vor, welche sich unter dem gewöhnlichen Schema der Verzweigungen in den Endhügeln der Säugethiere nicht unterordnen lässt. Zwar kommen auch Formen vor, welche als typische aufgefasst werden können; die meisten aber sind als »atypische» aufzufassen, und doch sind sie gewiss ebenso interessant, indem sie in hohem Grade an die bei niederen Thieren vorkommenden Formen erinnern. Man trifft nämlich eine Menge von Endverzweigungen, welche sehr einfach sind und aus einer wenig verästelten Endfaser bestehen, die mit einer verschiedenen Anzahl von Endscheiben versehen ist. Diese Endfaseräste sind auch in der Längsrichtung der Muskelfaser weit ausgezogen.

Nachdem die Schwannsche Scheide und die Myelinscheide abgegeben sind, laufen die Axencylinder eine Strecke weiter, bis sie in die Endverzweigungen übergehen. Ausserdem geht aber von den zwischen den Muskelfasern verlaufenden markhaltigen Nervenfasern eine Anzahl von Seitenästen in der Weise ab, dass der Axencylinder an den Einschnürungen sich dichotomisch theilt und der eine Ast als nackter Faden nach der Seite hin zieht, um in eine Endverzweigung überzugehen, während der andere, mit Myelinscheide und Schwannscher Scheide versehen, als Stammfaser den Weg fortsetzt, um hier und da neue Seitenäste abzugeben (Taf. XVIII, Fig. 1—7). Zuweilen nehmen auch die Seitenäste, bevor sie in die Endverzweigung übergehen, an einem Segmente noch einmal die Myelinscheide auf (Fig. 6).

Die einfachsten Formen der »Endverzweigungen» sind die, welche aus *einem unverästelten Seitenzweig* bestehen, an dem *nur eine einzige Endscheibe* vorhanden ist. Solche Endigungen kommen wirklich vor. In der Fig. 2 der Taf. XVIII sind Beispiele davon abgebildet. In anderen Fällen läuft der Zweig ohne Verästelung weiter und trägt zwei, drei oder noch mehr Endscheiben; zuweilen sind die Endscheiben dieser einfachen Endzweige ganz klein, zuweilen können sie einen grösseren Umfang haben (Taf. XVIII, Fig. 3). Von diesen einfachen Formen bis zu den sehr complicirten kommen viele Uebergänge vor. In den auf der Tafel XVIII abgebildeten Endverästelungen sind mehrere solche Uebergangsformen in ihrer wechselnden Anordnung dargestellt. Eine recht complicirte Form ist in der Fig. 5 links abgebildet.

Von besonderem Interesse sind indessen die schon oben kurz erwähnten Endverästelungen, welche weit in die Länge gezogen sind. En den Fig. 1, 5, 7, 8, 9 der Taf. XVIII habe ich eine Anzahl solcher Endfasern abgebildet. Entweder verläuft die Faser, welche oft einen Seitenzweig einer markhaltigen Nervenfaser darstellt, unverästelt längs der Muskelfaser, oder auch theilt sie sich dichotomisch in zwei Aeste, welche längs der Muskelfaser in entgegengesetzten Richtungen ziehen (Fig. 1, 5, 7), wobei sie sich noch weiter verästeln können. Solche Aeste ziehen zuweilen eine weite Strecke, bevor sie frei endigen. Während des Verlaufes sind sie hier und da mit Endscheiben versehen, welche eine verschiedene, bald rundlich-ovale, bald dreieckige, bald wurstförmige Gestalt haben. Zuweilen gehen sie aber auch in eine *bandförmige* Endausbreitung über (Taf. XVIII, Fig. 8). Diese letzteren, weit in die Länge gezogenen Formen können offenbar nicht unter den gewöhnlichen Endhügeln und Endplatten subsumirt werden. An denselben bemerkt man auch keine Ansammlung der feinkörnigen Hügelsubstanz.

Nie sah ich ein Anastomosiren der Endverzweigungen und Endscheiben. Zu der Muskelfaser verhalten sie sich wie beim Frosche.

Noch bei stärkster Vergrösserung (Winkel's Imm. Obj. $^1/_{24}$ und Ocul. 3) konnte ich keine Structur in den durch Methylenblau gefärbten Endscheiben wahrnehmen. Erst nach dem Zusatz von pikrinsaurem Ammoniak trat die übliche »Differenzirung» hervor.

Bei der *Maus* habe ich dann vermittelst der Golgi'schen Färbung die motorischen Nervenendigungen sowohl in den Kopf- und Halsmuskeln, wie in der Zunge beobachtet. In den Kopfmuskeln (Taf. XX, Fig. 2) fand ich die bei den Säugethieren bekannten Formen der Endverzweigung, welche durch Goldchloridbehandlung nachgewiesen sind; sie nehmen in der Regel die rundliche oder rundlich-ovale Gestalt der Endplatten an, wobei sich oft die zwei seitlichen Randäste umbiegen und mit den Spitzen gegen einander gekehrt sind, ohne Anastomosen einzugehen; der Binnenraum wird von ihren Seitenästen eingenommen. Ausserdem kommen aber auch andere Formen vor, wo eine mehr dendritische, dreieckig-büschelförmige Anordnung vorliegt (Taf. XX, Fig. 2).

In der *Zunge* der Maus fand ich dann dieselben Formen in grosser Anzahl wieder (Taf. XX, Fig. 3). Hier, wie in den Kopfmuskeln, sah ich die Nervenenden wie Beeren mit kurzen Stielen neben dem durch die Muskulatur ziehenden Nervenzweige sitzen; hier und da zweigt sich ein Ast ab, oder auch biegt sich das Ende einer Nervenfaser seitwärts um und endigt einfach oder nach dichotomischer Theilung in einer, resp. in zwei, Endverästelungen, welche offenbar den bekannten Endplatten entsprechen, obwohl die körnige Substanz und die Kerne derselben bei der Golgi'schen Behandlung nicht hervortreten.

In der Muskulatur der Zunge der Maus traf ich aber neben diesen Endplattenverästelungen zahlreiche einfachere motorische Endigungen, indem die Nervenfasern nach einfacher oder mehrfacher dichotomischer Theilung sich den Muskelfasern eng anlegen und, hier und da mit kleinen knopf- oder scheibenartigen Verdickungen versehen, an ihnen endigen. Hier liegen also auch neben den Endplattenendigungen zahlreiche mehr »primitive« Endverästelungen vor (Taf. XX, Fig. 4). Zuweilen erhielt ich fast sämmtliche motorische Nervenendigungen der Zunge gefärbt.

Die motorischen Nervenendigungen im Herzen.

In der **Herzmuskulatur** habe ich die motorischen Nervenendigungen beim *Frosch* und bei der *Maus* studirt.

Die Angaben über diese Nervenendigungen in der histologischen Literatur sind im Ganzen etwas schwebend und unsicher. Zwar sagt schon in seinem Handbuch der Gewebelehre (5. Aufl., 1867) Kölliker, dass er »beim *Frosche* die letzten Ausläufer der Herznerven in Gestalt blasser, kernhaltiger, verästelter und frei endender Fasern aufgefunden« habe, bei Säugethieren und Menschen war es jedoch nicht möglich gewesen, ihre Endigungen zu entdecken. W. Krause (Anatomie des Kaninchens, 1868) äussert indessen darüber, dass die doppelt contourirten Nervenfasern des Herzmuskels mit motorischen Endplatten endigen. Schweigger-Seidel (Stricker's Handbuch 1868—71) sagt u. A.: »Trotz dieser noch vorhandenen Unsicherheiten darf doch als feststehend anzusehen sein, dass die Herznerven in ihren feineren Verzweigungen zwischen die Muskelelemente selbst zu liegen kommen und so mit der von keinem Sarkolemma umhüllten contractilen Substanz in unmittelbare Berührung treten». Langerhans (Virchow's Archiv 1873) sah bei Amphibien und Säugethieren die Nervenfasern, nachdem sie sich an der Oberfläche oder im Innern der Muskelbündel wiederholt getheilt, in sehr feinen Fasern endigen, die den Zellen des Herzfleisches anhaften; durch Zerzupfung erhielt derselbe Forscher isolirte Muskelzellen, von denen ein homogener, stark brechender Fortsatz mit den Eigenschaften einer Nervenfibrille abging. Ranvier (Traité technique d'histologie, d. Ueb., 1888) erhielt durch Behandlung mit verdünntem Alkohol nur einen Theil der isolirten Muskelzellen mit dem von Langerhans beschriebenen nervösen Fortsatz versehen; er hebt aber hervor, dass es logisch a priori anzunehmen ist, dass jede Muskelzelle des Myocards in direkter Verbindung mit einer motorischen Faser sein muss. »Bei aufmerksamer Untersuchung», fügt nun Ranvier bei, »mit einem guten Immersionsobjectiv, nachdem diese Zellen nach Einwirkung von verdünntem Alkohol und Färbung mit Pikrokarmin vollständig isolirt sind, sieht man in einer gewissen Anzahl derselben, mitten in ihrem Protoplasma, einen Streifen der Axe nach verlaufen, der in der Nähe ihres Kerns vorbeigeht. Vergleicht man diese Beobachtung mit denen an den Goldpräparaten, so kommt man zum Schluss, einerseits, dass die seltenen Muskelzellen, welche einen Fortsatz besitzen, diejenigen sind, an welchen die Nervenfasern in die Muskelzellen eindringen und anderseits, dass die fraglichen Streifen den durch das Gold gefärbten Netzbalken entsprechen, somit die letztern wirklich im Innern der Muskelzellen selbst enthalten sind.» Die Ansicht Engelmann's, dass es nicht nöthig sei, dass jede Zelle des Myocards mit einer Nervenfaser zusammenhänge, indem eine motorische Erregung sich von Zelle zu Zelle übertragen könne, betrachtet Ranvier nicht mehr als zutreffend.

Arnstein (1887) erhielt nach Methylenblaufärbung im Herzmuskel in den meisten Fällen zwei gefärbte Nervengeflechte, die mit einander zusammenhängen; aus dem dünneren, den Muskelbündeln unmittelbar anliegenden Geflechte treten isolirt verlaufende, varicöse Fädchen ab, die häufig auf grössere Strecken zu verfolgen sind; ihre Enden sind nur dann zu eruiren, wenn die zugehörige Muskelzelle ungefärbt ist, was gerade nicht häufig vorkommt; dann sieht man den varicösen Faden sich an die Muskelzelle ansetzen, ohne eine Endanschwellung zu bilden.

Ramón y Cajal, welcher schon im Jahre 1881 eine spanisch geschriebene und bisher wenig bekannte Arbeit über die Nervenendigungen in den willkürlichen Muskeln veröffentlicht hat, in welcher er die verschiedenen Formen dieser Nervenendigungen v. A. des Frosches beschrieb und eine neue Form »Terminaciones penniformes» darstellte, hat später, wie er die Güte hatte, mir brieflich mitzutheilen, bei mehreren Gelegenheiten kürzere Mittheilungen über die betreffenden Fragen gegeben; er hatte u. A. auch die Methylenblaumethode an den Kühne'schen Muskelspindeln angewandt. Er hat aber auch zwei Notizen über die *Nerven des Herzens* veröffentlicht; diese Notizen [1], welche im Original nicht zu erhalten sind, enthalten nach der brieflichen Mittheilung des Verfassers Folgendes: Die Nervenfasern bilden bei den Reptilien, Batrachiern und Säugethieren perizelluläre Endplexus, welche denen der glatten Muskulatur vergleichbar sind. Allen diesen Fibrillen fehlt das Myelin, und ihre letzten, sehr varicösen Fibrillen endigen mit kleinen Erweiterungen, welche der quergestreiften Muskelsubstanz angelagert sind. Es giebt keine Endplatten in dem Herz der Säugethiere. Die Untersuchungen wurden mit der Golgi'schen Methode ausgeführt.

Endlich werde ich in dieser Frage Schiefferdecker's und Kossel's Aeusserung in ihrer Gewebelehre (1891) anführen: »Wie die marklos gewordenen Fasern in den Muskelzellen endigen, ist noch nicht sicher erkannt. Es scheint, dass die Endigungsweise mehr der an den glatten Muskelzellen entspricht.»

Die angeführten Data aus der Geschichte der vorliegenden Frage dürften hinreichen, um darzulegen, dass die Ansichten der Autoren noch streitig sind und dass die Frage noch nicht vollständig gelöst zu sein scheint.

Beim *Frosche* (Taf. XX, Fig. 5) färben sich durch die schnelle Golgi'sche Methode die Nerven des Herzfleisches in reichlichem und ausgedehntem Grade. Ich habe sie an Längs- wie an Querschnitten des Herzens in zahlreicher Menge verfolgen können. Sie laufen als feine, marklose Fasern den Muskelbündeln entlang, umspinnen dieselben und verzweigen sich hier und da dichotomisch. Die Endäste sowohl, wie die im Ganzen nicht besonders zahlreichen Seitenäste, dringen zwischen die Muskelzellenstränge hinein und endigen mit knotig-varicösen, feinen Aestchen an den Muskelzellen. Dass sie jedoch alle Muskelzellen innerviren, ist kaum möglich; man trifft viele, welche, auch bei reichlichster Färbung der Nerven, von keinen Nervenfaserenden berührt werden.

Ich hoffte, durch dieselbe Methode auch die Ganglienzellen und das Verhalten ihrer Fortsätze zu den Nervenfasern, resp. den Muskelfasern, verfolgen zu können, konnte aber in dieser Hinsicht bisher keine erläuternde Präparate bekommen, was jedoch bei fortgesetzten Untersuchungen hoffentlich gelingen wird.

Bei der *Maus* färbten sich ebenfalls die Nervenfasern des Herzfleisches in ausgedehntem Masse. Diese Fasern (Taf. XX, Fig. 6, 7) stimmen im Ganzen mit den soeben beim Frosch beschriebenen überein. Sie laufen als dünne marklose Fasern zwischen den Muskelbündeln, verzweigen sich dichotomisch oder geben hier und da, aber spärlich, Seitenäste ab, welche an den Muskelbündeln entlang ziehen und mit knotig-varicösen Endästchen endigen.

Es liegt also hier eine motorische Endigungsweise vor, welche der bei den willkürlichen Muskeln vorkommenden *einfachsten* Form und nochmehr derjenigen bei den Würmern und im Ganzen der glatten Muskulatur in hohem Grade ähnelt. Ein Eindringen der Fasern ins Innere der Muskelzellen lässt sich keineswegs demonstriren. Keine Endplatten sind vorhanden.

Die motorischen Nervenendigungen in den glatten Muskeln.

In dieser Frage gehen die Ansichten der Autoren noch mehr aus einander. Kölliker scheint der erste gewesen zu sein, welcher sie beaufmerksamte. Vor 30 Jahren (1862) fand er bei der Untersuchung der Harnblase und des Oesophagus des Frosches ebenso wie in den glatten Hautmuskeln der Ratte, dass die Nervenröhren

[1] Ramón y Cajal, Sobre las terminaciones nerviosas del corazon de los batrachios y reptiles. Gaceta sanitaria de Barcelona, 10 Aug. 1890, und Terminaciones nerviosas en el corazon de los mamiferos. Ebenda, 10 April 1891.

in blasse, feine, sich verästelnde und frei endigende Fäserchen auslaufen, und dass die Zahl der Nervenausbreitungen so gering ist, dass sich nicht von ferne daran denken lässt, dass alle Muskelzellen mit Nervenenden in Berührung kommen; »dagegen», fügt er bei, »verlaufen allerdings die blassen Endfasern, überall mit den Muskelzellen sich kreuzend, über grosse Bezirke, bevor sie enden, und es möchte dies die geringe Zahl der eigentlichen Enden aufwiegen».

Dann folgt eine grosse Reihe von Arbeiten und Angaben über die Endigungsweise der Nervenfasern in dem glatten Muskelgewebe verschiedener Organe. In Betreff derselben verweise ich auf die schon von anderen Autoren gemachten literarischen Uebersichten, z. B. J. Arnold's[1] und Lustig's.[2] Aus der Geschichte will ich hier nur hervorheben, dass Frankenhäuser (1867) in seiner Arbeit über die Gebärmutter das Eindringen der Nervenfasern in die Substanz der Muskelzellen bis an den Kern derselben sowie ihr Auslaufen in die Körnchen des Kerns beschrieb; ferner dass Arnold (1869) ebenfalls das Eindringen der Fasern zum Kern sah; »sie treten», sagt er, »immer zu den Körnern des Kernes heran, verlassen aber sehr häufig in entgegengesetzter Richtung die Substanz des Kernes und der Muskelfaser wieder und laufen in das intramusculäre Netz aus, so dass die Körner als im Kern gelegene Knotenpunkte erscheinen». Engelmann (1869) sah dagegen nie einen Zusammenhang zwischen Muskelkern und Nerven. Löwit (1875), welcher zuerst die Goldfärbung auf diesem Gebiete prüfte, kam zu der Ueberzeugung, dass die Berührungsstelle zwischen Muskel und Nerv in der Nähe des Muskelkernes vorkomme; »direct mit dem Kerne hängt aber die Endfibrille nie zusammen». Einige Autoren schlossen sich Arnold, andere Löwit an. Lustig (1881), welcher ebenfalls mit Goldfärbung arbeitete, kam zu dem Schlusse, dass die Verbindung der Nervenfasern mit dem Kerne zweifellos existirt, »wenigstens in dem Sinne, dass der Nerv entweder mit dem Protoplasmafortsatze oder dem Kerncontour zu Eins zusammenschmilzt».

Die Methylenblaumethode lieferte nun eine neue Möglichkeit, die betreffende Frage zu eruiren. Schon Ehrlich scheint Nerven in der glatten Muskulatur gefärbt zu haben, und Arnstein sah sie in schöner Färbung im Magen, Darm und in der Harnblase. Am Magen fand er ein dichtes, mit Ganglien besetztes Geflecht und von diesem abgehende Bündel feinster Fibrillen; ferner sah er einzelne blaue Fäden zwischen den Muskelbündeln verlaufen und hier ihr Ende finden, ohne Endknöpfe oder taches motrices zu bilden. In der Harnblasenmuskulatur verhalten sich die Nervenendigungen ebenso, d. h. aus dem Nervengeflechte entspringen feinste varicöse Fäden, die nach kürzerem oder längerem Verlaufe an einer Muskelspindel ihr Ende finden. »Möglicherweise», fügt er bei, »hatten wir unvollständige Färbungen vor uns.» Er zweifelt aber an der Existenz der Endknöpfe.

In der neuen Gewebelehre von Schiefferdecker und Kossel (1891) heisst es endlich in Betreff der Nervenendigungen in der glatten Muskulatur: »Die marklosen Fasern bilden häufig weitere Plexus, bis sie als feinste Fäserchen zu den Muskelzellen hinziehen und sich mit diesen in der Nähe des Kerns (Löwit) verbinden. Allerdings ist diese Art der Endigung noch nicht als sicher zu betrachten, immerhin aber wahrscheinlicher als die von Frankenhäuser und Arnold angenommenen Beziehungen der Nervenfasern zu dem Kern, resp. dem Kernkörperchen.»

Diese literarischen Angaben genügen, um den Standpunkt der Frage, resp. die noch herrschende Unsicherheit darzuthun.

Bei der Untersuchung der Harnblasenwand eines 9-tägigen *Kaninchens,* welche nach der schnellen Golgi'schen Methode behandelt war, fand ich, nachdem ich dieselbe in eine Reihe von Querschnitten zerlegt hatte, dass die Nervenfaserplexus prachtvoll gefärbt waren. Ich konnte in allen Schnitten, welche ziemlich dick waren, die einzelnen Nervenfasern auf weite Strecken zwischen den glatten Muskelbündeln verfolgen. Und ich sah sie hier und da sich an den Bündeln verästeln und mit freien Enden auslaufen. In den Fig. 8, 9 und 10 der Taf. XX habe ich einige solche Endigungen abgebildet. In der Fig. 8 zweigt sich also eine Nervenfaser von dem Aste ab und begiebt sich zu einigen anliegenden Muskelbündeln; hier theilt sie sich dichotomisch und schickt die beiden Aeste zu verschiedenen Bündeln; sie biegen um und verästeln sich zu wiederholten malen; alle diese Aeste sind an den Seiten mit kleinen, dicht stehenden Knötchen besetzt, welche offenbar den Endplättchen anderer motorischer Fasern entsprechen. Die Aeste laufen an den Muskelbündeln frei aus und haften ihnen innig an.

In den Fig. 9 und 10 sind noch einige andere Beispiele der fraglichen Nervenendigungen dargestellt. Ich habe in den Präparaten eine recht grosse Anzahl angetroffen. Jedoch liegen sie nicht eben dicht aneinander. Auf Querschnitten der Muskelbündel (Fig. 9) sah ich, dass die Nerven sich ihnen nicht nur äusserlich anlegen, sondern

[1] Julius Arnold, Das Gewebe der organischen Muskeln, Leipzig 1869.

[2] Alexander Lustig, Ueber die Nervenendigung in den glatten Muskelfasern. Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, 83 Bd, 3 Abth., 1881.

in ihr Inneres eindringen, um zwischen den Muskelzellen sich zu verästeln und endigen. Jedoch glaube ich kaum, dass sie alle Muskelzellen direkt anhaften, obwohl eine endgültige Entscheidung dieser wichtigen Principfrage bis auf Weiteres, wenigstens durch die betreffenden Präparate, nicht möglich ist. Offenbar liegt hier eine Endigungsweise der Nerven vor, welche derjenigen der motorischen Endigungen in dem quergestreiften Muskelgewebe sehr ähnlich ist und v. A. mit den Verhältnissen bei niederen Thieren, z. B. Würmern, viel Uebereinstimmung bietet. Ein Eindringen der Nervenäste in die Substanz der Muskelzellen, resp. eine Verbindung mit dem Kern ist an den vorliegenden Präparaten nie zu sehen und auch wohl keineswegs annehmbar.

Im Ganzen kann ich also die schon vor dreissig Jahren von Kölliker gemachten Angaben bestätigen. Dieser Forscher hat offenbar hier, wie auf so vielen anderen Gebieten, schon längst das Richtige gesehen und beschrieben. Nur giebt die vortreffliche Golgi'sche Methode uns jetzt die Möglichkeit an die Hand, die Fasern auf ihren weiten Bahnen noch sicherer zu verfolgen und ihre eigentliche Endigungsweise bestimmter darzulegen.

Ueber das *Verhalten der Nervenfasern an den Blutgefässen* liegen seit Jahren viele Beobachtungen und Angaben vor. Nachdem Kölliker, His, Beale u. A. die umspinnenden Nervennetze der Gefässe beschrieben hatten, gab die Goldfärbung eine vortreffliche Methode zur weiteren Verfolgung derselben, und in den verschiedenen Organen kennt man schon lange die feinen perivasculären Nervennetze. Sogar an den Capillaren sind ja solche beschrieben worden. Durch die Methylenblaumethode erhielt man dann noch eine Methode, diese Plexus sichtbar zu machen, was schon Ehrlich selbst gethan zu haben scheint. Seitdem sind, so viel mir bekannt, keine nähere Angaben über die Methylenblaufärbung dieser Plexus veröffentlicht worden. Da ich schon bei meinen ersten Versuchen mit dieser Methode, im Jahre 1887, in manchen Organen, v. A. in der Schleimhaut des Mundes beim Frosche und in der Choroidea des weissen Kaninchens die schönsten Färbungen der Gefässnetze erhielt, werde ich in Zusammenhang mit den motorischen Nervenendigungen in der glatten Muskulatur einige meiner hierauf bezüglichen Abbildungen mittheilen (Taf. XIX).

Oft färben sich nur die eigentlichen Nervenplexus der Arterien (Fig. 1—3); diese Plexus stimmen in ihrer Anordnung mit den durch die Goldfärbung hervorgerufenen Plexus vollständig überein, weshalb ich auf ihre Beschreibung verzichte. Hier und da werden aber auch die Muskelzellen der Muscularis der Arterien einzeln oder gruppenweise (Fig. 4, 5, 6) gefärbt. Dann tritt in der Substanz dieser Zellen eine Längsstreifung hervor, welche durch das pikrinsaure Ammoniak deutlicher wird; die Streifen zeigen sich gekörnt. An diesen gefärbten Zellen lassen sich nun feine Fäserchen des Plexus verfolgen, welche an ihrer Oberfläche, theils den Rändern entlang, theils auch quer oder schief über die Zellen hinstreichen (Fig. 4, 5, 6); diese Nervenfäserchen sind knotig-varicös, verzweigen sich und endigen hier und da mit knotigem Ende an den Muskelfasern.

Die periarteriellen Nervenplexus bilden also nicht nur Netze mit zusammenhängenden Schlingen, sondern entsenden hier und da verästelte und knotig-varicöse Seitenäste, welche sich den Muskelfasern der Arterienwand eng anlegen und an ihnen frei auslaufend endigen.

Dasselbe ist auch bei den Arterien der Schleimhäute nachweisbar. In der Fig. 8 der Taf. XIX habe ich eine kleine Partie einer Arterie aus der Mundschleimhaut des Frosches abgebildet, an welcher die Nervenfasern in ein feines Endbüschel auslaufen.

Durch die *Golgi'sche Methode* hat man indessen noch eine Methode bekommen, welche die Gefässnerven in schönster Weise färbt.

In ihrer Abhandlung über das *Pancreas* haben neulich Ramón y Cajal und Sala [1] eine Arterie abgebildet, an welcher man die an der Arterienwand frei endigenden Seitenäste der Plexusnerven wahrnimmt. Indem ich derartige, und noch schönere Bilder derselben Anordnung bei den Arterien mehrerer Organe gesehen habe, könnte ich eine Anzahl Abbildungen derselben hier beifügen. Nun habe ich aber in dem folgenden Aufsatze, über die Nerven der Milz und der Niere, gerade einige erläuternde Beispiele solcher perivasculären Nervenplexus mit ihren frei auslaufenden Seitenzweigen abgebildet und ich verweise deshalb auf diese (Taf. XXI).

[1] S. Ramón y Cajal und C. Sala, Terminación de los nervios y tubos glandulares del pancreas de los vertebrados. Trabajo del laboratorio de la Facultad de Medicina de Barcelona, 1891.

7.

Zur Kenntniss der Nerven der Milz und der Niere.

Taf. XXI.

1. Die Milz.

Die Angaben der Autoren über die Nerven der Milz sind im Allgemeinen kurz gefasst und weisen darauf hin, dass diese Nerven die Gefässe begleiten und hauptsächlich Gefässnerven entsprechen.

In seiner Mikroskopischen Anatomie (1852) sagt Kölliker[1] u. A.: »Die Nerven der Milz kommen aus dem die Milzarterie mit 2 oder 3 Stämmen umstrickenden Milzgeflechte und setzen sich im Innern des Organes mit je einem oder zwei hier und da anastomosirenden Aesten auf die Arterien fort . . . Bei Thieren kann man die Nerven, die durchaus ohne Ganglien sind, mit dem Messer weit in die Milz hinein verfolgen, weiter als beim Menschen, und mit Hülfe des Mikroskops habe ich dieselben häufig auch an den die M. Körperchen tragenden Arterien noch gesehen. Ueber ihre Endigungen kann ich nur das sagen, dass dieselben in die Pulpa übergehen und auch an den Arterienpinseln noch zu sehen sind. Dieselben werden hierbei schliesslich so fein wie die feinsten Capillaren, enthalten keine dunkelrandigen Röhren mehr und enden nach dem, was Ecker[2] gesehen hat, wahrscheinlich gabelförmig verästelt und frei».

In der eigentlichen Milzliteratur trifft man sonst nur sparsame Angaben über die Nerven. Einige sind jedoch zu finden. So sagt Billroth:[3] »Die Milz mancher Thiere ist sehr reich an Nerven . . .; letztere halten sich genau bei den Arterien, ihre Stämme haben jedoch gesonderte Scheiden; die Nerven lassen sich jetzt leicht präpariren und bis an die Penicilli verfolgen. Die Nervenstämme enthalten nur graue marklose Fasern.» An Holzessigpräparaten verfolgte er die feineren Aeste und fügt bei: »Auch hier an den feineren Arterienverästelungen bleiben die Nerven immer noch bei den Arterien, und ich habe die einzelnen Fäden oft weit verfolgt, die Art ihrer Endigung jedoch nicht erkannt. Ich erwartete kleine Ganglien an den feineren Nerven zu finden, doch sind solche *nicht* vorhanden.»

Dann hat Wilh. Müller[4] in seiner grossen Arbeit über den Bau der Milz sich folgendermassen ausgedrückt: »In Bezug auf das Verhalten der Nerven habe ich der bekannten von allen Beobachtern übereinstimmend angegebenen Thatsache, dass dieselben überwiegend aus Remak'schen Fasern bestehen, hinzuzufügen, dass bei dem Ochsen in den grösseren Nervenstämmen, welche neben der Arterie im Innern des Organes verlaufen, durch längeres Behandeln mit verdünnter Essigsäure Gruppen von Zellen sich nachweisen lassen, welche mit Ganglienzellen übereinzustimmen scheinen. An einem feinen, frisch untersuchten Abschnitte einer Schweinsmilz und an zwei Präparaten einer in verdünntem Essig macerirten Ochsenmilz gelang es mir, blasse Nervenprimitivfasern längs eines kleinen Arterienzweigs bis zu einer der kapselförmigen Capillarscheiden zu verfolgen, in welche sie eintraten. Die Art ihrer Endigung in der feingranulirten Zwischensubstanz der letztern, in welche sie überzugehen schienen, vermochte ich nicht zu ermitteln; mithin bleibt es zur Zeit unentschieden, ob diese kapselförmigen Scheiden zu den Nervenendigungen der Milz eine bestimmte Beziehung haben, wofür ihre Aehnlichkeit mit den Krause'schen Endkapseln der Drüsennerven zu sprechen scheint.»

In der 5:ten Auflage seines Handbuchs der Gewebelehre des Menschen (1867) wiederholt Kölliker ungefähr seine oben angeführten Aeusserungen. In den übrigen neueren Lehrbüchern der Histologie trifft man im Ganzen nur sparsame Mittheilungen über die Nerven der Milz. In dem Stricker'schen Handbuche (v. 1871) hat eben-

[1] A. Kölliker, Mikroskopische Anatomie oder Gewebelehre des Menschen, 2 Bd, 2 H., 1, 1852.

[2] Al. Ecker äussert in seiner Darstellung vom Bau der Milz in Rud. Wagner's Handwörterbuch d. Physiologie Bd 4 (1849—1853), dass der Bau der Nerven der Milz insofern eigenthümlich sei, als sie insgesammt eine überwiegende Menge von Remak'schen Fasern enthalten. Was ihre Endigung in der Substanz der Milz betrifft, so scheint, sagt er, diese eine ähnliche wie in muskulären Gebilden zu sein.

[3] Th. Billroth, Neue Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Milz. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, Bd 9.

[4] Wilhelm Müller, Ueber den feineren Bau der Milz. 1865.

falls Wilh. Müller ungefähr seine früheren Angaben wiederholt: »Auch die Nerven der Milz», sagt er, »begleiten das Arteriensystem in seinem Verlauf. Sie bestehen überwiegend aus Remak'schen Fasern. Sie scheinen wenigstens zum Theil in eigenthümlichen Apparaten zu endigen, welche die Capillarenden umhüllen (W. Müller). Diese Apparate bilden Ellipsoide, in deren grossen Achsen je ein Capillargefäss verläuft. Die Substanz der Ellipsoide besteht aus einer blassen, sehr feinkörnigen Substanz, in welcher oblonge Kerne eingebettet sind (Schweigger-Seidel, W. Müller). Sie sind stark entwickelt in den Milzen der Vögel und Raubthiere, nur angedeutet in jenem der Neger (soll wohl »Nager» heissen) und des Menschen. In ihre körnige Masse treten feine Remak'sche Fasern ein, deren Endigungsweise noch nicht festgestellt ist. Sie bedürfen fernerer Untersuchung.»

Bei der Behandlung der Milz von kleinen Säugern (Kaninchen, Maus) nach der schnellen Golgi'schen Methode erhielt ich mehrmals eine sehr reichliche Färbung der Nervenverzweigungen. Zuweilen schienen sogar sämmtliche Nerven des Organes gefärbt zu sein, und ich erhielt eine Anzahl sehr beweisender Präparate. Wie die Autoren angeben, treten die Nerven stets zusammen mit den Arterien hinein und begleiten sie überall während des Verlaufes und der Verästelung im Innern des Organes. Indem bei den fraglichen Thieren keine eigentliche discrete Malpighische Körperchen vorkommen, sondern ihre Substanz die Arterien mantelförmig umgiebt, lassen sich die Nervenfasern leicht verfolgen; sie halten sich nämlich fast überall in dieser Substanz. Die gröberen Aeste des Nervenplexus verlaufen in einiger Entfernung von den Arterienzweigen und liegen der Pulpasubstanz nahe (Taf. XXI, Fig. 1 *nz*). Sie begleiten zwar die Arterien, aber nicht streng parallel, sondern sie biegen sich in wechselnden Touren. Ihre Verzweigungsweise stimmt wohl im Ganzen mit derjenigen der Arterien überein, weicht aber hier und da von ihr ab (Fig. 1). Die Nervenfasern liegen in diesen Nervenästen gewöhnlich so dicht beisammen, dass sie nach der Golgi'schen Behandlung wie homogene schwarze Stränge imponiren; hier und da trennen sie sich jedoch und lassen helle Spalten sehen. Bald trennen sich auch einzelne Bündel ab und verlaufen eine Strecke, um sich dem Hauptbündel wieder anzulegen u. s. w. Von diesen die Arterien also begleitenden Nerven entspringen nun hier und da Aeste, welche nach innen umbiegen und sich der Arterie anlegen (Fig. 1, 2). Diese Aeste, welche bald dicker, bald dünner sein können, also aus einer verschiedenen Anzahl von Nervenfasern bestehen, verlaufen eine Strecke dicht neben der Arterie (*a*) und geben während dieses Verlaufes Seitenäste nach derselben ab, welche sich weiter verästeln und mit ihren Verzweigungen die Arterienwand umstricken. Die Hauptrichtung dieser Aestchen ist in der Längsrichtung der Arterie; sie verlaufen aber auch oft quer oder schief über die Arterienwand und schicken, indem sie sich dichotomisch theilen, feinste Seitenästchen nach verschiedenen Richtungen hin. Diese Seitenästchen ebenso wie die Endäste der oft weite Strecken verlaufenden Aeste laufen verzweigt *mit freien Enden* an der Arterienwand aus. Sie sind mit kleinen Knötchen besetzt, sind also knotig-varicös und bilden ein zierliches Nervengeflecht um die Arterien herum (Taf. XXI, Fig. 1—3).

Es entspricht offenbar dieses mit freien, varicösen, verästelten Endfasern versehene Nervengeflecht dem in dem vorigen Aufsatze beschriebenen, welches durch Methylenblaufärbung hervortritt und auch von Ramón y Cajal aus dem Pancreas nach Golgi'färbung abgebildet worden ist. Es stellt das Nervengeflecht dar, welches die Muskelzellen der Tunica muscularis der Arterien innervirt. Indem in diesen Chrom-Osmium-Silber-Präparaten die Muskelzellen nicht hervortreten, lässt sich ihr näheres Verhalten weniger genau als in den Methylenblau-Präparaten demonstriren.

Die hier oben geschilderten Nerven, sowohl die Bündel wie ihre Aeste, verlaufen, wie oben erwähnt, fast sämmtlich innerhalb der Malpighi'schen Substanz. Wie verhält sich dann die Pulpa? Ist sie ganz nervenlos?

Arm an Nerven ist die Pulpa jedenfalls. Man sieht auch in den gelungensten Präparaten keine sie versorgenden Nervenbündel. Das einzige, was man davon bemerkt, ist, dass hier und da von den die Arterien begleitenden Bündeln Aeste entspringen, welche keinen sichtbaren Arterienästen folgen, sondern in die anliegende Pulpa eintreten und hier verästelt endigen (Taf. XXI, Fig. 1—3). Ich habe mich vielfach bemüht, diese Faserverästelungen weiter zu verfolgen, aber ohne eigentlichen Erfolg. Es liesse sich denken, dass sie ebenfalls Gefässverzweigungen begleiten, um dieselben zu innerviren; es könnten Gefässe sein, welche nicht in demselben Schnitte lägen. Die eigenthümliche büschelförmige Verzweigungsweise dieser Aestchen deutet aber eher darauf hin, dass sie nicht Arterienzweigen angehören. Die Frage liess sich an den Präparaten nicht sicher entscheiden. Indessen hat es den Anschein, als ob diese Aeste für die Pulpa — ihre Gefässe — bestimmt seien. Nie sah ich sie in besonderen Endorganen, z. B. in den »Kapseln» von Wilhelm Müller, endigen.

Wie Billroth, suchte auch ich vergebens nach Ganglienzellen. Das einzige Gebilde dieser Art, das ich ge-

sehen habe, ist das in Fig. 1 (d. Taf. XXI) unten links abgebildete. Ich glaube nicht an die Ganglienzellennatur dieses Gebildes, um so viel weniger, als es das einzige war in den vielen Präparaten, welche ich durchmusterte.

In der Milz des Kaninchens und der Maus sind keine Muskelzellen in den Balken eingestreut. Deshalb erklärt es sich, dass keine zu den Balken sich abzweigenden Nervenäste sichtbar sind. Bei den Thieren dagegen, wo Muskelfasern in den Bau der Balken eingehen, ist dies gewiss der Fall. Ich versuchte mehrmals, beim Hunde diese Frage zu lösen, es gelang mir aber hier nicht, gute Färbung zu bekommen.

2. Die Niere.

Noch mehr als in Betreff der Milznerven sind bezüglich der Nerven der Niere die Angaben in der Literatur spärlich und schwebend. Ich habe in der That nur ganz vereinzelte Aeusserungen über den Verlauf der feineren Nervenverzweigungen antreffen können, und zwar in den Handbüchern.

So sagt z. B. v. Kölliker in seinem Handbuche[1]: »Die Nierennerven vom Plexus coeliacus des Sympathicus sind ziemlich zahlreich, bilden ein die Arterie umstrickendes Geflecht, haben noch einige Knötchen im Hilus und lassen sich mit den Gefässen bis zu den Interlobulararterien verfolgen. Wo und wie dieselben enden, ist unbekannt.»

Ludwig äussert in seiner Darstellung im Stricker'schen Handbuche[2] Folgendes: »Die Nerven dringen mit den Gefässstämmen in die Niere; auf ihrem Verlauf sind sie mit wenigen Ganglien besetzt. Ueber die Nervenendigung hat uns die anatomische Untersuchung noch keinen Aufschluss gewährt. Aus den Erfolgen der Reizung geht hervor, dass sie sowohl Fasern enthalten, welche die Empfindung vermitteln, wie auch solche, welche die ringförmigen Muskeln der kleinern Arterien verkürzen.»

Frey[3] äussert in Betreff der Nerven der Niere: »Sie sind weder in Verlauf und Endigungen noch in ihren Beziehungen zum Absonderungsprocess bekannt».

W. Krause[4] sagt: »Die sparsamen Nerven der Niere enthalten blasse und spärliche doppeltcontourirte Fasern und einzelne kleine Ganglienzellenhaufen im Hilus, verlaufen mit den Arterien und als feine, nur aus drei bis vier blassen kernführenden Fasern bestehende Stämmchen in den Papillen, gegen deren Spitze hin sich in einzelne isolirte Fasern auflösend (W. Krause, 1867). Die Nerven sind wahrscheinlich ausschliesslich Gefässnerven. Im Hilus der Niere sah Tyson (1870) bei jungen Schweinen microscopische Ganglien.»

Schäfer äussert in Quain's Anatomie[5]: »Die Nerven, welche in die Nieren hinein verfolgt wurden, sind klein. Sie kommen direkt vom Plexus renalis und dem kleinen Nervus Sympathicus und enthalten Fasern, welche sowohl aus dem sympathischen wie aus dem Cerebrospinalsystem stammen. Sie können als Begleiter der Arterien bis zu deren feineren Aesten verfolgt werden, es ist aber unsicher wie sie endigen.»

Toldt[6] sagt: »Die Nerven der Nieren sind ebenfalls noch wenig erforscht. Den dünnen Nervenstämmchen, welche im Sinus renalis die Blutgefässe umspinnen, sind nach W. Krause einzelne Gruppen von Ganglienzellen beigegeben. Die Nerven selbst halten sich im Bereiche der grösseren Arterienstämmchen und an die Ramifikation derselben. W. Krause konnte marklose Fasern bis gegen die Spitze der Papille hin verfolgen. Die Endigung derselben ist unbekannt.»

So lauten im Ganzen die Angaben über die Nerven der Niere. Dass im Hilus Nerven hineintreten und die Gefässe begleiten, liess sich ja mit dem Scalpell nachweisen; den weiteren Verlauf und die Endigung der Nervenfasern zu eruiren, war dagegen mit grossen Schwierigkeiten verknüpft.

Durch die Anwendung der Golgi'schen Methode, vermittelst welcher auch die Nerven der peripherischen Organe oft schön gefärbt werden, hoffte ich zur Lösung dieses Problems beitragen zu können. Die Nerven der Nieren färben sich indessen dabei nicht oft. Hin und wieder erhielt ich jedoch in der Rinde der Nieren von jungen Kaninchen und Mäusen sehr distincte Färbungen von Nervenverästelungen, zuweilen in grosser Ausdehnung.

Die gröberen Arterienzweige werden vom Hilus her von Nervenfaserbündeln begleitet. Von diesen Bündeln zweigen sich dann in der Rinde Nervenfasern ab, welche gegen die Nierenoberfläche gerichtet sind. Bei genauerer

[1] Kölliker, Handbuch der Gewebelehre des Menschen, 4:te Aufl. (1863) und 5:te Aufl. (1867).
[2] C. Ludwig, Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere.
[3] H. Frey, Handbuch der Histologie und Histochemie des Menschen, 1874.
[4] W. Krause, Allgemeine und microscopische Anatomie, 1876.
[5] Quain's Elements of Anatomy, Ninth Edition, Vol. 2, 1882.
[6] C. Toldt, Lehrbuch der Gewebelehre. 3 Auflage, 1888.

Untersuchung erwies es sich, dass sie dabei stets den Arteriæ interlobulares folgen und sich als echte Arteriennerven verhalten. Eine oder zwei solche Nervenfaseräste begleiten je eine Arteria interlobularis und geben hier und da zu ihrer Wand seitliche Zweige ab, welche sich gerade so verhalten wie die entsprechenden Nerven der Milzarterien. Die feinen Fasern laufen bald in der Längsrichtung der Arterie, bald schief oder quer über ihre Wand. Sie verästeln sich dabei und laufen mit feinsten, knotigen Aestchen frei an der Arterienwand aus. Sie sind offenbar zur Innervirung der Muskelfasern derselben bestimmt. Die Nervenfasern begleiten die Arteriæ interlobulares bis zu ihren Enden in der Nähe der Rindenoberfläche. Hier laufen sie auch selbst in ihre Endverästelungen aus. In den hier beigegebenen Figuren, welche auf den Tafeln nicht Platz fanden, habe ich Partien von zwei Art. interlobulares mit ihren Nervengeflechten abgebildet.

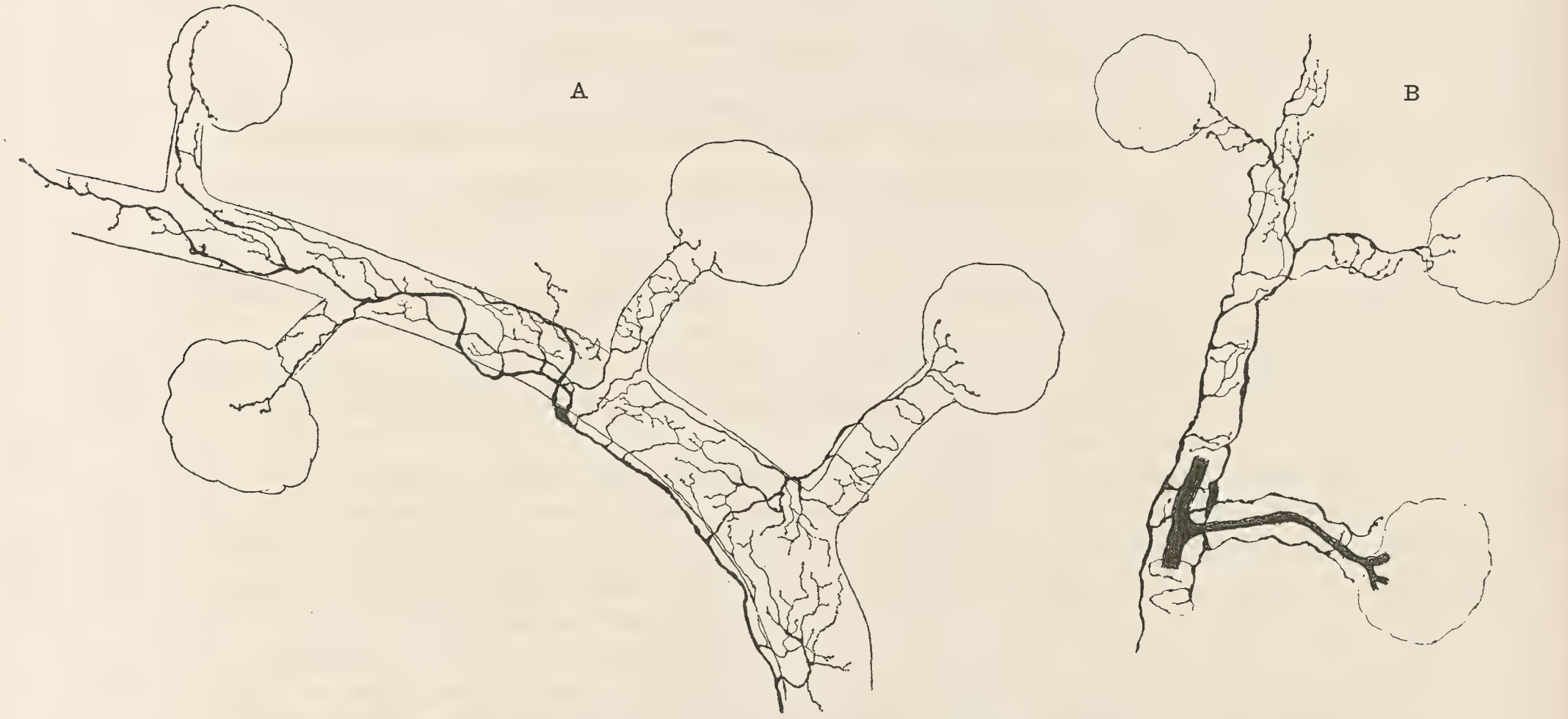


Fig. *A.* und *B.* stellen Partien je einer Arteria interlobularis aus der Niere eines 11-tägigen Kaninchens dar. Die Arterien und ihre Zweige, die Vasa afferentia, sind von gefärbten Nervenfasergeflechten umsponnen, welche jedoch nur auf die angrenzende Partie der Glomeruli übergehen. Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (halb ausgezog. Tubus). In Fig. B ist auf eine Strecke der Gefässinhalt geschwärzt. Die Glomeruli sind nur durch Contouren angezeigt.

Wie verhalten sich nun diese Nervenfasern zu den Zweigen der Arterien, den Vasa afferentia, und zu den Glomeruli? Feine Nervenäste biegen sich, wie die Figuren zeigen, stets mit den Vasa afferentia hinaus und umstricken dieselben mit ihren frei endigenden Verästelungen bis zu den Glomeruli hinan. An diesen angelangt, senden sie nur ein oder ein paar Aestchen zur Uebergangszone der Glomeruli; diese mehr oder weniger verzweigten, knotigen Fäserchen enden hier frei auslaufend. An den Gefässmaschen der Glomeruli selbst und an den Vasa efferentia sah ich nie Nervenfäserchen. Diese also beschriebenen Nerven sind offenbar Gefässnerven. Von Interesse ist es nun zu erfahren, ob das eigentliche Drüsenparenchym, die Kanälchen mit ihrer Epithelauskleidung, Nerven besitzt oder nicht. Ich bemühte mich vielfach, diese Frage zu erledigen. Ich erhielt dabei nur negative Befunde. Nie sah ich besondere Nerven die verschiedenen Kanälchenabtheilungen umstricken; nie konnte ich von den Arterienplexus Aeste sich abzweigen sehen, welche zu den Kanälchen gingen. Auch bei starker und reichlicher Färbung der Arteriennerven waren im eigentlichen Drüsenparenchym keine Nervenfäserchen sichtbar. Wenn ich hin und wieder solche zu finden glaubte, erwiesen sie sich stets als kleine Partien eines periarteriellen Plexus, durch das Messer abgeschnitten, wärend die Arterien selbst im nächsten Schnitte geblieben waren. Eigentliche Drüsennerven, wie sie in anderen Drüsen, den Speicheldrüsen, den Schweissdrüsen u. s. w., vorhanden sind, habe ich also in der Niere bis jetzt nicht finden können. Der Verlauf und die Endigungsweise der die Gefässe begleitenden Nerven ist aber durch die Golgi'sche Färbung genauer eruirt worden.

8.

Ueber den Typus der sympathischen Ganglienzellen der höheren Wirbelthiere.

Bekanntlich hat man seit manchen Jahren die Gestalt der Ganglienzellen des Sympathicus der Säugethiere als eine multipolare aufgefasst, und A. Key und ich haben von dem Kaninchen, der Katze und dem Menschen eine Anzahl solcher Zellen theils isolirt, theils in ihrer Anordnung im Gewebe der Ganglien abgebildet. Mit den damaligen Methoden war es jedoch nicht möglich, einen Unterschied unter den mehr oder weniger zahlreichen Fortsätzen der multipolaren Ganglienzellen zu machen.

Erst durch die Ehrlich'sche und die Golgi'sche Methoden schien eine Möglichkeit gewonnen zu sein, den Verlauf und die gegenseitige Beschaffenheit dieser Zellenfortsätze näher zu eruiren. Die Versuche mit der Methylenblaumethode führten indessen in dieser Hinsicht nicht zum Ziele. Zwar fand Aronson beim Kaninchen ein die sympathischen Ganglienzellen umspinnendes Nervennetz, und ich konnte das Vorhandensein desselben bestätigen; in Betreff der eigentlichen Zellenfortsätze liess aber diese Methode vollständig im Stich.

Auf dem Anatomencongresse in München im vorigen Jahre demonstrirte von Kölliker Präparate aus den sympathischen Ganglien der Katze und des Kaninchens, welche mit der schnellen Golgi'schen Methode behandelt waren. In diesen Präparaten sah man gefärbte Zellen mit sehr langen und reich verästelten Fortsätzen, die schliesslich in ganz feine Faserbüschel ausgingen; ferner wurden von ihm auch aus dem Ganglion jugulare vagi der Katze Aeste sympathischer Fasern vorgezeigt, welche Nervenzellen umstricken.

Dann hat Ramón y Cajal[1] vermittelst der von ihm eingeführten iterirten Golgi'schen Methode die wichtige Entdeckung gemacht, dass die sympathischen Ganglienzellen der Vögel und Säugethiere mit einem *Axencylinder*-fortsatz versehen sind, welcher direkt in eine Nervenfaser übergeht; die übrigen Fortsätze dieser multipolaren Zellen sind dagegen als echte Protoplasmafortsätze aufzufassen, deren Endverzweigungen die Zellenkörper anderer Ganglienzellen umspinnen. Er hat ferner auch den Verlauf des Axencylinderfortsatzes und das Verhalten der in das Ganglion eintretenden Nervenfasern verfolgt und u. A. das Vorkommen collateraler Aeste an denselben nachgewiesen.

Diese Entdeckungen führen also zu einer Aufklärung der bisher so mystischen sympathischen Ganglien. Der Typus der sympathischen Ganglienzellen ähnelt ja in frappanter Weise demjenigen der grösseren Ganglienzellen der Centralorgane, z. B. denen der Vorderhörner des Rückenmarks.

Seit Jahren habe ich oft gelegentlich die sympathischen Ganglien nach der Golgi'schen Methode zu färben versucht, aber nur verästelte multipolare Ganglienzellen gefunden. Nach dem Erscheinen der Arbeiten von Ramón y Cajal habe ich hin und wieder diese Versuche erneuert und eine Anzahl von Präparaten bekommen, welche die Entdeckung Ramón y Cajal's unzweideutig bestätigen. Vom 7-monatlichen *Hunde* (Fig. C.) habe ich eine Gruppe von Ganglienzellen abgebildet, an welchen der Unterschied des typisch gestalteten Axencylinders (*a*) von den ver-

[1] S. Ramón y Cajal, Pequenas contribuciones al conocimiento del sistema nervioso. Trabajos del laboratorio histológico de la Facultad de Medicina de Barcelona, I, VI, 1891. Ferner: Notas preventivas sobre la retina y gran simpático de los mamíferos. Extraído de la Gaceta Sanitaria del 10 de deciembre, 1891.

ästelten Protoplasmafortsätzen klar vorliegt. Ebenso sieht man hier, dass die Protoplasmafortsätze mit ihren knotigen Endverästelungen die durch Contourlinien angedeuteten Zellenkörper anderer Ganglienzellen umstricken.

Bei *Hühnerembryonen* von 15—18 Tagen der Bebrütung sah ich dann ebenfalls die von Ramón y Cajal beschriebenen Bilder; namentlich in den thoracalen sympathischen Ganglien, welche den cerebrospinalen Ganglien so dicht anliegen, traf ich also denselben Zellentypus wieder und konnte den Axencylinderfortsatz aus dem Ganglion hinaus eine Strecke verfolgen, ebenso den Eintritt in das Ganglion und den Verlauf der von aussen her kommenden Fasern. Es ist aber nicht meine Absicht, diese interessanten Fragen diesmal weiter zu besprechen, um so viel weniger, als ich nicht zu abschliessenden Ergebnissen gelangt bin und die Behandlung derselben auf das ganze Thema der sympathischen Ganglien, u. A. auch auf die Verhältnisse bei den Batrachiern führen würde. Meine Absicht war nur, den eigentlichen Typus der sympathischen Ganglienzellen der höheren Wirbelthiere zu besprechen.

Fig. C. Gruppe von Ganglienzellen aus dem obersten Cervicalganglion des Sympathicus eines 7-monatlichen Hundes. Golgi'sche Färbung. *a* die Axencylinderfortsätze der Zellen.

9.

Ueber die Anfänge der Drüsengänge und die Nervenendigungen in den Speicheldrüsen des Mundes.

Tafel XXII.

1. *Ueber die Anfänge der Drüsengänge der Speicheldrüsen des Mundes* (Taf. XXII, Fig. 1—7, 12—17).

Bekanntlich hat man vor etwa zwanzig Jahren eifrig nach den Anfängen der Drüsengänge in den Speicheldrüsen gesucht. Im Pancreas versuchte zuerst Langerhans durch Injectionen diese Frage zu lösen. Saviotti und Gianuzzi folgten dem Beispiel und beschrieben ein die Drüsenzellen umspinnendes Netzwerk von Drüsenkapillaren. Von Ebner (1872)[1] verfolgte diese Untersuchungen sowohl am Pancreas, wie an den Speicheldrüsen des Mundes. Dieser Forscher erhielt bei den letzteren Drüsen nie ein so regelmässiges Netz wie im Pancreas. Häufig drang die Masse nur bis in die centralen Lichtungen der Alveolen hinein; bei stärkerem Drucke drang sie aber auch häufig zwischen die Zellen ein und erzeugte dann die mannigfaltigsten Bilder. In Betreff seiner Resultate sagt von Ebner am Schlusse der Abhandlung, dass die positiven Resultate ziemlich spärlich sind. »Ich glaube gezeigt zu haben», sagt er, »dass ein regelmässiges Netz von drehrunden Secretionsröhrchen in den Alveolen der Speicheldrüsen nicht existirt und dass Injectionen mit Berlinerblau in dieser Frage nichts beweisen können. Die positive Seite der Frage konnte nur vermuthungsweise beantwortet werden; ich suche die Anfänge der Speichelgänge in Räumen ohne selbständige Form, welche zwischen dem intraalveolaren Netze und den theilweise mit dem Netze in Verbindung stehenden Drüsenzellen übrig bleiben.» von Ebner scheint sich in Betreff des »intraalveolaren Netzes» der sonderbaren Ansicht Boll's angeschlossen zu haben.

Ein jeder, welcher derartige Injectionen der Abführgänge der Speicheldrüsen ausgeführt hat, ist wohl in Betreff ihrer ersten Anfänge zu ziemlich negativen Resultaten gelangt. Man erhält zwar oft instructive Präparate. Sobald sie aber »rein» sind, sieht man die Injectionsmasse in den schmalen Lumina der Alveolen enden und kaum bis zu den Lunulæ vordringen; bei stärkerem Druck treten Zustände auf, welche auf Extravasate deuten, indem die Masse in verschiedener Weise um die Zellen herum und zwischen sie und die Membrana propria hineindringt.

Durch die Golgi'sche Chrom-Osmium-Silbermethode hat man nun aber eine Methode bekommen, welche sonderbarer Weise den Inhalt mancher Drüsen specifisch färbt, wie zuerst Ramón y Cajal und später auch Van Gehuchten u. A. dargelegt haben. Neulich haben auch Erik Müller an den Labdrüsen und Ramón y Cajal und Sala sowie unabhängig von ihnen Erik Müller am Pancreas durch diese Methode vortreffliche Ergebnisse in Betreff der Anfänge der Drüsengänge erhalten.

In einer mir erst neulich bekannt gewordenen Mittheilung Ramón y Cajal's[2] finde ich, dass der spanische Forscher schon im Jahre 1889 die Golgi'sche Methode für die Speicheldrüsen des Mundes applicirt und eine kurze Notiz über seine Befunde veröffentlicht hat. Die coagulirte Substanz, sagt er, welche die Lumina der Acini ausfüllt,

[1] V. von Ebner, Ueber die Anfänge der Speichelgänge in den Alveolen der Speicheldrüsen. Archiv f. mikroskop. Anatomie, Bd 8, 1872.
[2] Ramón y Cajal, Nuevas aplicaciones del método de coloración de Golgi, Barcelona, 1889.

wird durch das Chromsilber geschwärzt und zeigt die Bahnen an, in welchen der Speichel fliesst. Die Ansicht von Langerhans wird hierdurch bestätigt, dass nämlich von dem centralen Lumen der Acini einige Röhrchen (die Speichelkapillaren Toldt's) zwischen den Drüsenzellen eintreten und am Grunde der Säckchen endigen. Manche von ihnen verzweigen sich unterwegs, und nicht wenige erreichen die Membrana propria, dabei oft die Gianuzzi'schen Halbmonde durchbohrend. Nie sah er, wie Gianuzzi und Saviotti, die Röhrchen anastomosiren oder Netze bilden. Ramón y Cajal theilt eine kleine Abbildung eines Schnittes der Submaxillardrüse der Ratte mit, in welcher man, obwohl nicht besonders gut, diese Verhältnisse sehen kann. Fusari und Panascì [1] geben von einer Partie eines Zungendrüschens der Ratte, eine Abbildung, in welcher man den geschwärzten Drüsengang mit Verzweigungen sieht, ohne jedoch das nähere Verhalten derselben eingehender wahrnehmen zu können.

Bevor ich den Aufsatz Ramón y Cajal's kannte, hatte ich in den Zungendrüschen des Kaninchens und in der Submaxillardrüse des Hundes mittelst der Golgischen Methode schöne Bilder von den Endigungen der Drüsengänge erhalten, und ich widmete deshalb dieser Frage eine nähere Untersuchung. Meine Befunde stimmen im Ganzen mit den Angaben des spanischen Forschers überein, die ich also bestätigen kann. In Betreff der ersten Anfänge der Drüsengänge vermag ich indessen etwas eingehendere Mittheilungen und deutlichere Abbildungen zu liefern.

Ich untersuchte die *Submaxillardrüse* sowohl beim *Hunde,* wie beim *Kaninchen,* um also Repräsentanten der beiden betreff. Drüsenformen, der echten Schleimdrüsen und der serösen Drüsen, mit einander vergleichen zu können. Ebenso durchmusterte ich viele der kleinen, meist serösen oder gemischten Drüschen, welche in der Zunge des Kaninchens und Hundes eingebettet liegen.

Aus der *Submaxillardrüse des erwachsenen Hundes* erhielt ich eine Menge schöner und erläuternder Präparate. Von diesen habe ich auf der Taf. XXII in den Fig. 1—7 einige kleinere Partien abgebildet, welche so ziemlich hinreichen können, um die Verhältnisse klar zu legen. Man sieht in der That, meist an vereinzelten Stellen, zuweilen aber auch in grosser Ausdehnung den Inhalt der Drüsengänge, bis in ihre letzten Endigungen in den Alveolen hinaus, schwarz gefärbt. Es zeigen sich dabei keine anderen seitlichen Verzweigungen der Lumina, als dort, wo die Alveolen sich selbst verzweigen; zwischen den einzelnen Schleimzellen gehen also keine Aeste der Drüsengänge nach der Membrana propria hin ab. Nur hier und da sieht man an den Drüsengängen kleine Höcker und Unebenheiten sowie auch feine, tropfenförmige, gestielte Anhänge, welche in die Grenzen der Schleimzellen eindringen (Taf. XXII, Fig. 1—4); diese tropfenförmigen Anhänge ähneln den von von Kupffer an den Leberzellen beschriebenen Bildungen. Nachdem nun die Drüsengänge die Gianuzzi'schen Halbmonde erreicht haben, treten sie, wie Ramón y Cajal entdeckt hat, in dieselben hinein und durchbohren sie. Sie gehen aber nicht unverändert durch die Halbmonde, sondern sie verzweigen sich in sehr schöner und charakteristischer Weise (Fig. 1—6) und durchziehen die Substanz der Halbmonde mit ihren Aesten in verschiedenen Richtungen. Wenn die Halbmonde in der Seitenansicht vorliegen (Fig. 1—3), sieht man den in jeden derselben eintretenden Drüsengang sich in der Regel sogleich dichotomisch theilen und die beiden Hauptzweige in stark divergirender Richtung nach den Seiten hin senden (Fig. 2). Zuweilen schickt der Gang nur einen starken Seitenast ab und läuft eine kurze Strecke weiter, um bald neue Aeste abzugeben oder sich dichotomisch zu theilen. Alle diese Aeste haben einen knotigen, höckerigen Typus und sind gleichsam mit Knötchen besetzt; sie verzweigen sich hier und da noch einmal und laufen durch die Substanz der Halbmonde in verschiedenen, meist radiirenden Richtungen aus, wie die Fig. 1—6 der Taf. XXII zeigen. Bei der Flächenansicht der Halbmonde von aussen her (Fig. 4 unten) sieht man die ganze Verzweigung der Endäste; sie laufen mit freien Enden aus, *ohne jede Anastomose und ohne jede Netzbildung,* wie Ramón y Cajal hervorhebt. Sie durchziehen die Substanz der Halbmonde bis an ihre äussere Grenzzone. Oft scheint es vorzukommen, dass der Gang an einer Seite des Halbmondes hineintritt (Fig. 5, unten) und sich gleichsam in schalenförmiger oder tangentialer Richtung verzweigt. Wenn man die Halbmonde nur an ihrer Aussenfläche in das Mikroskop einstellt (Fig. 7), bekommt man ein eigenthümliches Bild, indem nur die äussersten Endäste sichtbar werden und die verbindenden Aeste, von welchen sie entspringen, nicht hervortreten. An diesen Endästen sieht man nun sehr schön die knotigen, tropfenartigen Anhänge, welche oft nur durch einen dünnen Stiel mit dem Endast verbunden sind.

Wie verhalten sich die Endverzweigungen des Drüsengangs zu den Drüsenzellen der Alveolen?

[1] Fusari und Panascì, Sulle terminazioni nervose nella mucosa e nelle ghiandole sierose della lingua dei mammiferi. Atti della K. Accad. delle Scienze di Torino, Vol. 25, 1889—90.

Das Verhalten derselben zu den hellen, bauchigen, mucösen Zellen habe ich schon oben besprochen. Es erübrigt also, das Verhalten zu den Zellen der Halbmonde zu eruiren. An Präparaten, wo die Kerne dieser Zellen gefärbt sind, bekommt man die Ueberzeugung, dass die Endäste zwischen den Halbmondzellen liegen, aber ihre feineren seitlichen Anhänge in die Substanz derselben hineinsenden.

Die Endäste erstrecken sich in der Regel bis in die Nähe der Membrana propria der Alveolen, ohne dieselbe vollständig zu erreichen.

Aus der obigen Darstellung geht also sicher hervor, dass die Drüsengänge mit reichlich verzweigten Enden in den Gianuzzi'schen Halbmonden wurzeln. Daraus lässt sich mithin entnehmen, dass die Drüsengänge Secret aus den Halbmonden aufnehmen. Die Zellen der Halbmonde sind deshalb als echte Secretionszellen zu betrachten. Dadurch wird ihre so viel besprochene Function in ein helleres Licht gestellt und die bekannte Hypothese über ihre Natur von »Ersatzzellen» der schleimabsondernden Zellen der Alveolen in den Hintergrund geschoben. Wahrscheinlich sind sie, nach ihrer stark »granulirten» Beschaffenheit zu schliessen, den Zellen der serösen Speicheldrüsen nahe zu stellen und als ein *seröses* Secret absondernde Zellen aufzufassen.

In Folge dessen war es des Vergleiches wegen von gewissem Interesse zu erfahren, wie die entsprechenden Verhältnisse in den serösen Speicheldrüsen der Mundhöhle angeordnet sind. In der echt serösen *Submaxillardrüse des Kaninchens* erhält man hier und da durch die Golgi'sche Methode gute Färbung der Drüsengänge und ihrer Endigungen. In Fig. 12 der Taf. XXII habe ich ein paar solche Stellen abgebildet. Man findet hier in der That eine recht grosse Uebereinstimmung mit der oben beschriebenen Verzweigungsweise der Submaxillardrüse des Hundes. Der Drüsengang verästelt sich bekanntermassen dichotomisch oder durch die Abgabe dicker Seitenzweige, welche in ihre Alveolengruppen, resp. Alveolen, eintreten. Unterwegs sind sie mit Höckern und Stacheln besetzt, schicken aber in der Regel keine eigentliche, verzweigte Aestchen ab. Erst nachdem sie in die Endalveolen eingetreten sind, verzweigen sie sich mehr oder weniger reichlich dendritisch mit gesperrten, oft wiederholt getheilten Aestchen (Fig. 12), welche zwischen den auskleidenden Zellen der Endalveolen liegen und mit kleinen Knötchen und tropfenförmigen Anhängen sowohl in ihrem Verlaufe, wie an ihren Enden besetzt sind. Nie kommen Anastomosen oder Netzbildungen vor. Die letzten Endigungen der Drüsengänge reichen kaum bis zur Membrana propria hinaus.

Zum Vergleich habe ich auch oft die kleinen, meist serösen *Drüschen der Zunge* studirt, welche zahlreich in der Gegend des hinteren Theils des Zungenrückens vorkommen und eine Strecke in die Muskulatur hinabreichen. Sie färben sich leicht durch die Golgi'sche Methode, nicht selten in ihrem ganzen Gangsysteme. Die Fig. 13—17 der Taf. XXII geben einige Partien solcher Drüsen wieder. In diesen Drüschen ist der Verzweigungstypus ein wenig verschieden von demjenigen der Submaxillardrüse, indem die Aeste des Drüsengangs oft längere, unverzweigte oder wenig verzweigte Seitenäste abgeben und die Endverzweigungen weniger reichlich verästelt sind. In mikrotomirten und gefärbten Präparaten suchte ich, das Verhalten der Endäste zu den Drüsenzellen zu eruiren. In den Fig. 15, 16, 17 der Taf. XXII, wo die Kerncontouren angegeben sind, sieht man, dass die einzelnen Endäste offenbar zwischen den Zellen liegen, obwohl hier und da knopfförmige Anhänge in ihre Substanz einzutreten scheinen.

Bei allen den untersuchten Speicheldrüsen des Mundes erstrecken sich also die Drüsengänge mit mehr oder weniger reichlichen, dendritisch angeordneten, nicht anastomosirenden, nicht netzbildenden Endästen bis in die Endalveolen und in die Nähe der Membrana propria hinaus, indem sie zwischen den Drüsenzellen dieser Alveolen verlaufen und höchstens kleine und feine, knopfförmige Anhänge (die Vacuolen Kupffer's) in die Zellsubstanz hineinschicken.

2. *Die Nervenendigungen in den Speicheldrüsen des Mundes.* (Taf. XXII, Fig. 3, Fig. 9—12).

Seit der bedeutungsvollen Entdeckung Ludwig's, dass die Secretion der Speicheldrüsen unter dem Einflusse von Nerven steht, wurde es eine besondere Aufgabe für die histologische Forschung, die Endigungsweise dieser Nerven in den Drüsen sowie ihr näheres Verhalten zu den secernirenden Zellen darzulegen.

Pflüger, welcher schon 1865 diese Frage behandelt hatte, nahm bekanntlich 1869 mit Hülfe der durch Max Schultze in die histologische Technik eingeführten Ueberosmiumsäure dieselbe wieder auf. In drei besonderen Aufsätzen und auch im Stricker'schen Handbuche suchte er die Endigungsweise der Nerven in den Mundspeicheldrüsen, im Pancreas und der Leber darzulegen. Die Art und Weise, in welcher Pflüger die Aufgabe löste, weckte eine ziemlich grosse Aufmerksamkeit, und seine Darstellung wurde sogar in mehreren Lehrbüchern wiedergegeben. Von manchen Seiten wurde aber diese Darstellung angezweifelt. Neue, darauf gerichtete Untersuchungen konnten die Pflüger'schen Nervenendigungen nicht bestätigen. Diese Endigungen waren gar zu grob, um anderen Forschern zu entgehen, aber auch zu grob, um natürlichen Verhältnissen entsprechen zu können. Sigmund Mayer deutete sogar an, dass hier Gefässe vorlagen. Asp widmete auch den Pflüger'schen Angaben eine strenge, nüchterne Kritik. Nunmehr gehört die Pflüger'sche Darstellung nur der Geschichte der Histologie an.

Wenn man die neueren histologischen Lehrbücher in Betreff der Endigungsweise der Nerven in den Drüsen durchmustert, findet man meistens schwebende Angaben. Man weiss eigentlich nur, dass Nerven in die Drüsen eintreten und mit Anhäufungen von Ganglienzellen versehen sind — man hält aber die grössere Anzahl dieser Nervenfasern für Gefässnerven. Ihre Endverzweigungen kennt man in der That nicht. Dass diese Fasern nicht, wie Pflüger meinte, grossentheils breit und markhaltig sind, davon kann man sich leicht überzeugen. Feinste marklose Nervenfasern im interalveolären Bindegewebe zu verfolgen ist aber sehr schwer, wenn dieselben sich nicht besonders färben lassen. Mit Goldklorid färben sie sich nur sehr schlecht. Ich habe es oft ohne Erfolg versucht. Und doch muss es als ein »Postulat» betrachtet werden, dass die Nervenfasern in inniger Berührung mit den secernirenden Drüsenzellen stehen.

In der That hatte ja auch Kupffer schon im Jahre 1874 bei Periplaneta orientalis eine Drüse gefunden, bei welcher er sicher und genau sehen konnte, dass feine Nervenfasern, und zwar zu mehreren gleichzeitig, in die absondernden Zellen eindringen und mit dem Netzgerüst des Protoplasmas derselben zusammenhängen.

Es ist in der That nur als eine Zeitfrage anzusehen, wann auch in den Drüsen der höheren Thiere die Endigungsweise der Nervenfasern an oder in Zellen dargelegt werden kann.

Ich habe diese kurzgefasste Einleitung wesentlich einem Aufsatze »über Drüsennerven» entnommen, den ich [1] im Jahre 1888 über einige mit der Ehrlich'schen Methode ausgeführte Untersuchungen über diesen Gegenstand veröffentlichte. In Betreff meiner Befunde führe ich aus demselben Aufsatze Folgendes bei: »Nach der Injection von Methylenblau in einem Kaninchen fand ich bei der Untersuchung der Zunge in der Nähe der Papilla foliata, dass die dort befindlichen kleinen Speicheldrüsen von schön blau gefärbten Nervenfäserchen umsponnen waren. Neben den Drüsen sah ich kleine Nervenstämme vorbeistreichen, deren Axencylinder blau gefärbt varen, und von diesen zweigten sich einzelne Fäserchen ab, die zu den Alveolen der Drüsen gingen, um sich an ihnen zu verzweigen. Diese Nervenfäserchen waren so dünn, dass man sie meistentheils als Endfibrillen ansehen muss. Sie sind nach der alten Benennungsweise als »varikös» zu bezeichnen, d. h. sie sind gewissermassen perlschnurartig, tragen hie und da, bald dichter, bald spärlicher, kleine Knötchen oder Körner, welche von Methylenblau intensiver gefärbt werden, als das sie verbindende Fäserchen. Wenn man die Präparate nach der Arnstein'schen Methode mit pikrinsaurem Ammoniak fixirt hat, nehmen diese Körner eine kräftig violette Farbe an; die übrigen Theile der Fäserchen, d. h. die die Körner verbindenden Gelenke färben sich in den etwas stärkeren Zweigen zuweilen ziemlich stark violett, gewöhnlich aber nur schwach — die feinsten Fäserchen färben sich sogar so schwarz, dass man sie nur mit Mühe sehen kann und ihr Verlauf sich hin und wieder nur durch die aufgereihten violetten Körner verfolgen lässt.

[1] Gustaf Retzius, Ueber Drüsennerven, die Verhandl. des Biol. Vereins in Stockholm, Bd I, 1888.

Diese gekörnten Nervenfäserchen umspinnen nun die Drüsenalveolen in allen Richtungen schlingenförmig. Sie liegen offenbar der Membrana propria dicht an und bilden ein die Alveolen innig umschliessendes, reichliches Netzwerk. Diese Nervenfäserchen kommen also mit den Drüsenzellen in nächste Berührung; ob sie aber noch zwischen denselben in die Alveolen hineintreten, ist sehr schwer zu entscheiden. An mehreren Alveolen ist es mir aber so erschienen. Ich glaubte feinste, Körner führende Fäserchen im Innern derselben sehen zu können, und ich bekam den Eindruck, als ob diese Fäserchen intercellulär endigten. Ein Eindringen derselben in die Zellen hinein konnte ich bis jetzt niemals wahrnehmen. Bei stärkerer Methylenfärbung färben sich nun auch die Drüsenzellen selbst, aber gewöhnlich nur schwach, indem ihr Protoplasma körnig violett erscheint. Diese Protoplasmakörnelung lässt sich indessen ohne alle Schwierigkeit von den gekörnten Nervenfäserchen unterscheiden.

Obwohl nun also ein Eindringen von Nervenfäserchen *in* Drüsenzellen nicht beobachtet werden konnte, ist man jedoch in der wichtigen Drüsennervenfrage einen Schritt weiter gekommen, indem hier die letzten Verzweigungen der Drüsennerven an den Drüsenzellenalveolen vorliegen und diese Nervenfäserchen sich als sehr reichlich und fein erweisen.

Dieses Nervennetz stellt nun ganz andere Bildungen dar als die groben Endigungsfasern von Pflüger.»

Im folgenden Jahre gab Ramón y Cajal[1] eine kurze Notiz über Nervenendigungen in den Speicheldrüsen des Mundes, welche er mit der Golgi'schen Methode nachgewiesen hatte. In der Submaxillardrüse der Ratte und des Kaninchens ordnen sich die Nervenfasern zu einem Plexus rundlicher oder polygonaler Maschen um die Alveolen herum. Die Bündel des Plexus sind von verschiedener Dicke, haben oft einen wellig gebogenen Verlauf und bestehen aus verschiedenen Axencylindern ohne Myelinscheide. Diese Axencylinder verästeln sich während des Verlaufes und entsenden feine, varicöse Fibrillen, welche auf der Membrana propria oder auf der äusseren Fläche der Epithelzellen frei zu endigen scheinen. Nie konnte er interepitheliale und noch weniger die intrazellularen Endigungen Pflüger's antreffen. Der Plexus stammt aus Nervenzweigen, welche von sympathischen Aesten abgehen, die mit den Blutgefässen in die Drüse hineindringen.

Fusari und Panascì[2] beschrieben genauer die feinere Verzweigung der Nervenfasern in den serösen Drüsen der Zungenwurzel; sie hatten u. A. das Eindringen derselben in die Interstizien der Zellen der Alveolen gefunden.

Ferner scheint Marinesco[3] in den Drüsen der Zungenbasis vermittelst der Ehrlich'schen Methode das Vorkommen interepithelialer Nervenendigungen dargelegt zu haben.

In den *Schweissdrüsen* hatte Arnstein (1889) mit der Methylenblaumethode die Drüsennerven bis in ihre Endigungen verfolgt, und in diesem Jahre hat Ramón y Cajal und bald nachher Erik Müller die Nervenendigungen des *Pancreas* gefunden und beschrieben; von besonderem Interesse ist es nun, dass Ramón y Cajal die Nerven des Pancreas zwischen die Drüsenzellen hinein verfolgen konnte und sie hier mit freien, verästelten, interepithelialen Endästen endigen gesehen hat.

Als ich die Endigungen der Drüsengänge der Speicheldrüsen des Mundes mit der Golgi'schen Methode studirte, sah ich hier und da auch eine schöne Färbung der die Alveolen umspinnenden Nervenfasern und konnte sie bis zu ihrem Ursprung aus den die Drüsen durchziehenden Nervenästen verfolgen.

Die feinen, die Alveolen umspinnenden Endfasern, welche in diesen Chromsilberpräparaten zu sehen sind, stimmen in ihrem Benehmen so vollständig mit den früher von mir auf Grund der Methylenblaupräparate beschriebenen Nervengeflechten überein, dass ich sie nicht eingehender zu besprechen brauche. Sie stimmen auch mit der Beschreibung Ramón y Cajal's überein. Sie bilden um die Wölbungen der Alveolen rundliche oder polygonale Maschen und biegen sich in ihrem Verlaufe wellenförmig (Fig. 11, 12 der Taf. XXII). Von diesen feinen, in der Regel varicösen Fasern, welche die Alveolen umspinnen und oft eine weite Strecke verlaufen, entspringen hier und da seitliche varicöse Aestchen, welche sich weiter verzweigen und, wie die eigentlichen Endäste der Fasern, blind endigen.

Ich habe mich vielfach bemüht, zu eruiren, ob diese freien Endäste in die Alveolen eintreten und dort interzellular endigen, wie es mir früher in den Methylenblaupräparaten zuweilen vorzukommen schien, obwohl ich damals betonte, dies sei »sehr schwer zu entscheiden». Nach den Befunden Ramón y Cajal's beim Pancreas wäre eine

[1] Ramón y Cajal, Nuevas aplicaciones del método de coloración de Golgi, Barcelona 1889.

[2] A. a. O.

[3] G. Marinesco, Ueber die Innervation der Drüsen der Zungenbasis. Verhandl. d. Physiol. Gesellsch. zu Berlin, juni 1891. (Mir nur in Ref. zugänglich.)

solche Endigung in den Speicheldrüsen des Mundes in der That sehr warscheinlich. Ich muss aber gestehen, dass ich mich nie davon sicher überzeugen konnte. Vielmehr sah ich stets, wie früher Ramón y Cajal, in Präparaten, wo die Nervenendigungen sich in guter Lage befanden, um beweisende Bilder zu bekommen, nur Verästelungen an der Aussenseite der Drüsenzellen, nicht zwischen ihnen. Es war sogar unmöglich zu eruiren, ob die Nervenfasern an der Aussenseite der Membrana propria oder zwischen ihr und der Drüsenzellenbekleidung sich befinden, was natürlich von physiologischem Interesse sein kann. Jedenfalls kommen sie den Drüzenzellen sehr nahe, und es ist wohl wahrscheinlich, dass sie dieselben direkt berühren.

Ich verfolgte die Nervenendigungen sowohl in der *Submaxillardrüse des Hundes* (Taf. XXII, Fig. 3, 9), wie in derselben Drüse des *Kaninchens* (Taf. XXII, Fig. 12) und in den Zungendrüschen der beiden Thiere (Taf. XXII, Fig. 11). In allen verhielten sie sich in der oben beschriebenen Weise.

Die also endigenden Nervenfasern zweigen sich von Nervenbündeln ab, welche zusammen mit den gröberen Drüsen-, resp. Abführgängen (Fig. 9, 12 *dg*) und den Blutgefässen (*bl.*) verlaufen. Diese Nervenfasern, welche myelinfrei sind, liegen in den Bündeln dicht gedrängt und färben sich durch das Chromsilber oft in compacter Masse, so dass man sie nicht einzeln verfolgen kann. Hier und da nehmen nun die verästelten Bündel die Gestalt langer, schwarzer, verzweigter »Zellen» an (Taf. XXII, Fig. 8, 9, 10), welche zuweilen als eine Art von Ganglienzellen imponiren können, um so viel mehr, als Ramón y Cajal derartige Ganglienzellen in gewissen anderen Organen (Darmschleimhaut, Pancreas) beschrieben hat. Die eigenthümlichen, verzweigten, geschwärzten Gebilde in den Speicheldrüsen des Mundes darf ich jedoch bis auf Weiteres nicht als Ganglienzellen ansehen, um so viel weniger, als ich in ihnen mehrmals eine längsfasrige Structur sehen konnte, welche auf eine Zusammensetzung aus Nervenfasern hinweist, und ausserdem die Zweige oft in pferdeschwanzartige Büschel von Nervenfasern auslaufen (Fig. 9 *n*). Die fraglichen Gebilde liegen in der Regel dicht den Aesten der Drüsengänge an, dieselben (Fig. 9, 10) umstrickend; sie sind aber auch hier und da zwischen den Alveolen zu finden (Fig. 8).

Wirkliche, sichere Ganglienzellen traf ich, zu kleinen Ganglien (Taf. XXII, Fig. 12 *g*) angeordnet, neben den gröberen Drüsengängen (*dg*) und den Blutgefässen (*bl*): Die Zellen derselben sind rundlich-oval und entsenden mehrere Fortsätze; in dem Ganglion, welches in Fig. 12 abgebildet ist, sind drei solche, dicht zusammenliegende Ganglienzellen durch das Chromsilber geschwärzt. Das nähere Verhalten ihrer Fortsätze konnte ich nicht eruiren; dass sie aber sympathischer Natur sind, wie es von den Autoren allgemein angenommen ist, erleidet wohl keinen Zweifel.

10.

Ueber die Gallenkapillaren und den Drüsenbau der Leber.

Tafel XXIII.

Als ich vermittelst der Golgi'schen Methode nach den Nervenendigungen in der Leber der Säugethiere, der Vögel und der Amphibien suchte, konnte ich nicht umhin, auch den sich bekanntlich so schön färbenden Gallenkapillaren meine Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Es fiel mir sogleich, zuerst und v. A. bei der Maus, auf, dass die feinen Kapillargänge der Leberläppchen gar nicht in der reichlichen Weise, wie man im allgemeinen angenommen hat, unter einander anastomosiren. Bei fortgesetzter Untersuchung überzeugte ich mich dann, dass die übliche Lehre in Betreff der Verlaufsweise und der gegenseitigen Verbindungen nicht richtig sein kann. In der That stimmt sie auch kaum mit der Entwickelungsgeschichte der Leber überein. Mir ist es immer sonderbar erschienen, dass eine tubulär angelegte Drüse, welche bei niederen Wirbelthieren und noch bei Reptilien gewissermassen eine tubuläre, obwohl netzartige Anordnung beibehalten hat, während der ontologischen Entwickelung bei den Säugethieren sich in der Weise verändert, dass die feinen Drüsengänge normal ihre tubuläre Natur verlieren und so reichlich mit einander verschmelzen. Ich muss aber gestehen, dass die üblichen, sonst guten Präparate, welche durch natürliche Injection von Indigocarmin gewonnen werden, in dieser Hinsicht keine hinreichende Klarheit darbieten.

Auf die Geschichte der Entdeckung der Gallenkapillaren, welche allbekannt und schon mehrmals von anderen Autoren dargestellt ist[1], werde ich natürlicherweise nur beiläufig eingehen.

Die *netzartige* Anordnung der Gallenkapillaren ist schon in dem allgemeinen anatomischen Wissen festgeschlagen. In den neueren Lehrbüchern findet man sie auch überall hervorgehoben. So sagt z. B. Toldt[2]: »In ihrer Gesammtheit sind die letzteren nun zu Netzen geordnet, deren sechseckige Maschenräume so gross sind, wie der Umfang einer Leberzelle». Die in den Lehrbüchern mitgetheilten Abbildungen, welche in der Regel nach Hering wiedergegeben sind, zeigen ein überall und reichlich anastomosirendes Netzwerk schmaler, cylindrischer Gänge von stets etwa gleicher Breite.

Unter den neueren Specialarbeiten über den Gegenstand sind v. A. die von Hering, Eberth und Peszke hervorzuheben. Hering[3], welcher die Leber von Wirbelthieren sämmtlicher Classen untersuchte, suchte zuerst darzulegen, dass der feinere Bau dieser grossen Drüse den übrigen sekretorischen Drüsen ähnlich ist und dass dieselbe mithin als eine tubulöse Drüse mit netzförmig anastomosirenden Gängen aufzufassen sei; besonders bei den niederen Wirbelthieren, bei Fischen, Amphibien und Vögeln, ist nach ihm der tubulöse Bau deutlich ausgeprägt; bei den Säugethieren wird derselbe auffallend modificirt. »Bei den Säugethieren», sagt Hering, »bilden die injicirten Gallenwege ein engmaschiges Netz feiner, meist drehrunder Canäle von 0,001—0,002 Millimeter Durch-

[1] S. z. B. in der Inaugural-dissertation von Josef Peszke (Beiträge zur Kenntniss des feineren Baues der Wirbelthierleber. Dorpat 1874), wo diese Geschichte ausführlich behandelt ist.

[2] C. Toldt, Lehrbuch der Gewebelehre. 3 Auflage, 1888.

[3] E. Hering, Ueber den Bau der Wirbelthierleber. Sitzb. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, Bd 54; ferner in Arch. f. Mikrosk. Anat. 3 Bd, 1867; und in Stricker's Handbuch d. Lehre v. d. Geweben, 1871.

messer, welche zwischen den Leberzellen verlaufen und polygonale Maschen vom Durchmesser der Leberzellen bilden». Eberth [1], welcher in Betreff der Leber der niederen Wirbelthiere etwa gleichzeitig (1867) und unabhängig zu ähnlichen Resultaten gelangte, hob hervor, dass von dem sich vertheilenden und verbindenden Netze der anastomosirenden Leberzellenbalken, welche als terminale Drüsenschläuche zu betrachten sind, laterale und terminale Nebenzweige vorkommen. Die in den Leberzellenbalken verlaufenden und in ihnen anastomosirenden Gallenkapillaren senden in diese Nebenzweige laterale und terminale blinde Endigungen. Die Länge dieser Kapillarenzweige erreicht höchstens den halben Durchmesser einer Leberzelle, selten mehr. »Dergleichen blinde Endigungen der Gallencapillaren», sagt Eberth, sind schon durch Gerlach, Budge und Andere von Säugethieren beschrieben, und von unvollständiger Injection abgeleitet. Viele dieser scheinbaren blinden Enden mögen wohl auf diese Weise zu Stande kommen. . . . Diese seitlichen Ausläufer der centralen Gallencapillaren sind die ersten Andeutungen der bei den Säugethieren so reichlichen Capillarvertheilung, die hier nur an beschränkten Stellen als engmaschiges Gitter auftritt». »Während sonach bei den Amphibien, Reptilien und Fischen ein einfaches grobmaschiges Gitter der Gallencapillaren mit kurzen blinden Seitenzweigen durch die netzförmige Verbindung der centralen Gallenwege zu Stande kommt, gesellt sich hierzu bei den Säugern in Folge der weitgehenden terminalen und seitlichen Verzweigung der centralen Capillaren und der reichlichen Verbindung ihrer Aeste, ein zweites aber engmaschiges Netz, das man vielleicht am besten als das Netz der peripheren Gallencapillaren unterscheidet». Ganz entschieden trat Hering gegen die blinden Enden der Gallenwege auf und erklärte dieselben für Produkte unvollkommener Injection — »wohl mit Recht», sagt Peszke [2], welcher übrigens durch seine eigenen Untersuchungen zu dem Schlusse kam, dass die »Säugethierleber (namentlich die des Hundes) eine *netzförmige verzweigte tubulöse* Drüse ist, sehr ähnlich derjenigen anderer, tiefer stehender Wirbelthierklassen; dass sie Gallencapillaren mit eigenen Wandungen besitzt, welche niemals mit den Blutwegen in direkte Berührung kommen und ein cubisches Netz bilden, dessen Maschen an den Kanten der Leberzellen verlaufen, folglich also ihre Knotenpunkte an deren Ecken haben, ferner dass die Leberzellen mit einer oder mehr Flächen der Blutcapillarwand anliegen, und zwar so, dass jede Zelle nur mit einem Blutgefässe in Berührung steht». Die von Kupffer (1873) durch künstliche Injektionen des Gallengangsystems dargestellten, mit knopfförmigen Enden versehenen, intrazellulären Vacuolen konnte Peszke nicht bestätigen, und auch andere Forscher hegten Bedenken gegen ihre natürliche Beschaffenheit, Pfeiffer aber bestätigte sie.

Im Jahre 1889 wurde dann die Golgi'sche Methode ungefähr gleichzeitig von Böhm [3] und Ramón y Cajal für die Darstellung der Leberkapillaren angewandt. Ramón y Cajal [4] sagt in seiner kurzen Notiz darüber, dass von den Maschen des Netzwerkes in der That, wie Eberth gefunden hat, einige Divertikel auslaufen, welche abgerundet endigen. Die Enden dieser Divertikel, welche in der Figur des spanischen Forschers als sehr kurze Seitenzweige der Maschen des sonst zusammenhängenden, reichlich anastomosirenden Gallenkapillar-Netzwerkes erscheinen, sind nach ihm gegen die protoplasmatische Mitte der Zellen gerichtet und finden sich besonders reichlich im Centrum der Leberläppchen.

Bei der folgenden Darstellung meiner eigenen Befunde werde ich von der *Mäuseleber* ausgehen, weil ich dieselbe am meisten studirt habe und die fraglichen Bauverhältnisse hier besonders prägnant sind. Ich werde dabei v. A. das Organ des erwachsenen, sogar alten Thieres besprechen, um zu zeigen, dass wir es hier nicht mit embryonellen oder unfertigen Verhältnissen zu thun haben. In den Fig. 1—11 der Tafel XXIII habe ich einige kleinere Partien der gefärbten Gallenkapillargeflechte abgebildet, welche deren Verlauf und gegenseitige Beziehungen wiedergeben. In dicken Schnitten ist es natürlicherweise schwer, die einzelnen Kapillaren in ihren verwickelten Bahnen sicher zu verfolgen, weil sie sich reichlich verzweigen und kreuzen und nach verschiedenen Richtungen umbiegen. In dünneren Präparaten ist dies dagegen leicht, aber die einzelnen Kapillaren und ihre Zweige sind dann oft durch das Messer abgeschnitten. Bei der Durchmusterung einer grösseren Anzahl von Präparaten überzeugte ich mich indessen, dass wenigstens die meisten Kapillaren *nicht mit einander anastomosiren, keine Netze bilden,* sondern sich mit ihren Zweigen in verwickelten Bahnen um einander winden und mithin eher ein »Geflecht» als ein »Netz» constituiren. Zwar darf ich nicht behaupten, dass anastomosirende Maschen nicht vorkommen können. Sobald ich

[1] C. J. Eberth, Untersuchungen über die normale und pathologische Leber. Virchow's Archiv, 39 Bd, 1867. — Arch. f. mikr. Anat. Bd 3, 1867.

[2] Jos. Peszke s. o.

[3] C. v. Kupffer, Ueber den Nachweis der Gallencapillaren und specifischer Fasern in den Leberläppchen durch Färbung, Sitzb. d. Gesellsch. f. Morphol. u. Physiol. in München, 1889 (mir nur im Referat in Schwalbe's Jahresb. zugänglich).

[4] Ramón y Cajal, Nuevas aplicaciones del método de coloración de Golgi, Barcelona, 1889.

aber solche Maschenbilder mit starken Vergrösserungen genauer untersuchte, konnte ich entweder sicher sehen, dass die Masche durch Ueberkreuzung zweier verschiedener Kapillaren gebildet wurde (Taf. XXIII, Fig. 1, 4); oder auch streckte sich nur ein Seitenzweig bis nahe an eine Kapillare hinan (Fig. 2), oder aber es blieb mir zweifelhaft, ob derartige Verhältnisse vorlagen oder nicht. Wie oben gesagt ist, will ich jedoch das Vorkommen wirklicher Maschenbildungen in der Mäuseleber nicht läugnen, um so viel weniger als ich solche in der Hundeleber gefunden habe. Was ich aber behaupten kann, das ist, dass solche Maschen nicht nur viel spärlicher vorkommen, als man annimmt, sondern in der That im Verhältniss zu der Anzahl nicht anastomosirender Kapillaren selten sind. Ich habe oft die Kapillaren weite Strecken verfolgen können und dieselben dann nur als sich wiederholt dichotomisch verzweigende feine Stränge gesehen, gerade von der Art, wie die Fig. 1—7, 8, 11 es wiedergeben. Die Aeste gehen meistens in stumpfem Winkel ab und liegen wie Hauptäste offenbar in der Mitte der Leberzellenbalken.

Von diesen Kapillaren und ihren Aesten gehen ferner hier und da andere seitliche Aeste ab, welche sich in sehr auffallender und interessanter Weise verhalten. Eberth hat ja schon vor 25 Jahren in der Leber der Amphibien Seitenäste der Gallenkapillaren beschrieben. Die von ihm abgebildeten, äusserst kurzen, unverzweigten, steif auslaufenden Zweige des sonst netzförmig anastomosirenden Kapillarenwerkes sind indessen den von mir in der Mäuseleber gefundenen sehr unähnlich. Hering, Peszke u. A. haben sie auch auf Grund ihrer Beschaffenheit als Producte unvollkommener Injection erklärt. Und dennoch ist es möglich, dass Eberth die wirklichen Seitenäste gesehen hat, obwohl sie in der Mäuseleber eine viel ausgeprägtere Entwicklung darbieten. Dies ist wahrscheinlich auch betreffs der von Ramón y Cajal erwähnten Seitenäste der Fall, welche er aus der Kaninchenleber beschrieben und abgebildet hat, obwohl er sie auch nur als kurze, abgerundet endigende Divertikel des sonst netzförmigen Kapillarenwerkes darstellt.

Die Seitenzweige, welche ich in der Leber der erwachsenen Maus fand, sind sehr zahlreich und finden sich überall in den Leberläppchen, obwohl sie gegen die Vena centralis hin reichlicher vorkommen. Sie sind, wie die Figuren zeigen, von verschiedener Länge und sehr wechselnder Gestalt, welche von der Anzahl der kleinen Aestchen abhängt, die sie abgeben. In den Fig. 8, 9, 10, 11 der Taf. XXIII habe ich in stärkerer Vergrösserung einige solche Seitenäste von verschiedener Gestalt und Anordnung abgebildet. Zuweilen ähneln sie einem Büschel oder Pinsel mit wenigen gespreizten Borsten.

Was stellen nun diese Seitenäste dar?

Nachdem wir nunmehr den ersten Verlauf und die Anfänge der Drüsengänge in den Speicheldrüsen genauer kennen gelernt haben, liegt der Vergleich sehr nahe. Auf mich machten diese Zweige in der Leber sogleich einen damit übereinstimmenden Eindruck. Ich betrachte diese »Seitenäste» als die ersten »Anfänge» der Lebergangskapillaren, oder, wenn man es lieber so ausdrücken will, als die letzten »Enden» der Leberdrüsengänge. Es sind also meiner Ansicht nach nicht nur Divertikel oder Seitenäste, sondern unter ihnen sind auch die Anfänge oder Enden der Drüsengänge der Leber zu suchen. Gerade diejenigen blinden Aeste, welche in der Umgebung der Vena centralis der Leberläppchen liegen, sind als diese *Anfänge* oder Enden zu betrachten, und dieses »Centrum» der Leberläppchen stellt in der That ihre *Peripherie* dar, wie ein Vergleich mit anderen Drüsen sogleich beweist. Oft sieht man deutlich die Grenzen der Leberzellenbalken, in deren Mitte die Seitenäste oder Anfangsäste liegen, und dann findet man auch, dass diese Balken blind mit abgerundeten Enden endigen (Fig. 2, unten).

In Betreff dieser blinden Anfänge der Gallenkapillaren will ich übrigens hervorheben, dass ihre Gestalt und Verzweigungsart sie so bestimmt charakterisiren, dass man sie nicht mit den Stammkapillaren, deren Aeste sie sind, verwechseln kann.

Abgesehen von diesen eigentlichen, verzweigten, blind endigenden Aesten der Gallenkapillaren trifft man aber auch an den letzteren oft eine Menge kleiner tropfen- oder knopfförmiger Anhänge (Fig. 3, 6, 7), welche mit den Kupffer'schen Vacuolen übereinstimmen. Nach ihrer Lage und Anordnung zu urtheilen scheinen sie in der That in die Substanz der Leberzellen einzutreten, obwohl es in diesen Präparaten nicht gerade leicht ist, dies zu entscheiden.

Beim *Hunde* (Taf. XXIII, Fig. 12, 13) sind die Verhältnisse nicht so schön tubulär-drüsenartig angeordnet wie bei der Maus. Zwar trifft man in den Präparaten oft eine ähnliche Verzweigungsweise der Gallengangskapillaren (Fig. 13), in der Regel stösst man aber auf maschenartige, d. h. netzartige Verbindungen, Anastomosen, von denen schon in der Fig. 13 ein Beispiel vorliegt. In anderen Fällen (Fig. 12, links) sind solche Anasto-

mosen gruppenweise vorhanden, was besonders in der Nähe der interlobularen Gallengänge (d. h. in der gewöhnlich sog. Peripherie der Lobuli) der Fall ist.

Wenn man aber die Lobuli durchmustert, trifft man hier und da in ihrem Inneren theils kleinere, verästelte Seitenzweige der Maschen, theils auch, v. A. in der nähe der Vena centralis, blind auslaufende, verzweigte Aeste, welche den oben bei der Maus beschriebenen gleichzustellen sind, obwohl sie weniger zahlreich und auch weniger ausgeprägt auftreten (Fig. 12, rechts).

Beim erwachsenen *Menschen* habe ich die fraglichen Verhältnisse bis jetzt nicht untersucht, aber bei menschlichen Foetus habe ich sie etwas studirt. In der Fig. 14 der Taf. XXIII ist eine kleine Partie des gefärbten Gallenkapillargeflechtes in den scharf contourirten Leberzellenbalken abgebildet. Hier sieht man nicht die netzartige Anordnung reichlich anastomosirender Kapillaren, sondern dichotomisch, in der Axe der Leberzellenbalken liegende Stränge, welche theils kleine, knopfförmige, seitliche Anhänge tragen, theils auch seitliche Aeste und End- oder Anfangsäste, welche in blind endigende Balken auslaufen. Besonders die letzteren Aeste sind reichlicher verzweigt und gehören vielleicht noch in Wachsthum begriffenen Sprossen der Lebersubstanz an. Bei *Katzenembryonen* von 14 cm. Länge bekam ich ganz ähnliche Bilder.

Ferner habe ich auch zum Vergleich die Leber von *Hühnerembryonen* aus der späteren Zeit der Bebrütung (12—21 Tag.) untersucht. Meine Versuche, die Verhältnisse in der ersten Anlage der Leber zu eruiren, misslangen auf Grund der ausgebliebenen Färbung der Drüsengänge. Die Fig. 15 und 16 stellen ein paar Partien aus der Leber des 12-tägigen Embryos dar; Fig. 17 wiedergiebt in stärkerer Vergrösserung eine entsprechende Partie aus der Leber des 14-tägigen Embryos. Man findet hier ganz entsprechende Verhältnisse, und zwar nicht anastomosirende, nicht netzförmig angeordnete Gallenkapillaren, sondern nur verzweigte Stränge, welche sich um einander winden und hier und da theils verzweigte Seitenäste tragen, theils in blinde End- oder Anfangsäste auslaufen. In Fig. 17 sieht man auch die Contouren der Leberzellenbalken, in deren Axe die Gallenkapillaren verlaufen. An den Gallenkapillaren erkennt man ferner hier und da eine Anzahl kurzer, stachelartiger Vorsprünge, welche sich zwischen die Leberzellen hineinschieben (Fig. 15); diese Zellen färben sich zuweilen in ihrer Peripherie, so dass man ihre Grenzen und Formen sehr deutlich wahrnehmen kann.

Es würde gewiss von Interesse sein, diese Untersuchungen in einem weiteren Masstabe fortzusetzen. Da ich aber vielleicht dazu nicht Gelegenheit finden werde, so habe ich die obigen Befunde hier kurz mitgetheilt, um die Aufmerksamkeit auf die fraglichen Verhältnisse zu lenken. Zum Studium der blinden, verzweigten Seiten- und Anfangsäste der Gallenkapillaren empfehle ich v. A. die Leber der Maus, welches Organ meiner Ansicht nach nicht als eine »*netzartig*» *tubuläre* Drüse aufgeführt werden kann, sondern vielmehr als eine verästelt *tubuläre* Drüse deren Bau gewissermassen demjenigen des Pancreas und der Mundspeicheldrüsen ähnlich ist. Indessen hebe ich nochmals hervor, dass in der Leber des Hundes eine netzartige Anordnung vorkommt, aber auch hier nicht als allein vorherrschend, sondern durch die Seiten- und Anfangszweige der Gallenkapillaren complicirt.

Eine eingehendere, hierauf bezügliche Untersuchung der Leber verschiedener Thierformen würde gewiss lohnend sein, um zu eruiren, in welcher Ausdehnung der *echt tubuläre* Typus mit keiner oder geringer Anastomosirung der Gallenkapillaren und mit zahlreichen blind endigenden Seiten- und Anfangsästen im Wirbelthierreich vorkommt.

TAFELN

Tafel I.

Das Nervensystem des Lumbricus.

Fig. 1. Partie des mässig gestreckten Bauchstrangs, in der dorsalen Längsansicht, mit zwei Ganglien und mit deren abgehenden lateralen Nerven, welche beim ersten Ganglion an der linken Seite bis in die Muskellagen und die Hautpartie hinaus verfolgt sind. Golgi'sche Färbung. Bei Vér. Obj. 2 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet.

a — laterale Ganglienzellen, welche durch den hinteren Doppelnerven derselben Seite ihre Stammfortsätze (*an*) nach der Peripherie senden.

b — Ganglienzelle, deren Stammfortsatz durch den vorderen Doppelnerven derselben Seite nach der Peripherie zieht (*bn*).

c — Ganglienzelle, deren Stammfortsatz (*cn*) durch den hinteren Doppelnerven des nächst vorderen Ganglions, aber in derselben Seite, nach der Peripherie verläuft.

d — Ganglienzellen, deren Stammfortsätze quer über das Ganglion ziehen und durch den einfachen Nerven nach der Peripherie verlaufen (*dn*).

e — Ganglienzelle, deren Stammfortsatz (*en*) durch den vorderen Doppelnerven nach der Peripherie zieht.

f — Ganglienzelle, deren Stammfortsatz quer über das Ganglion durch den zweiten Doppelnerven nach der Peripherie zieht.

g — Ganglienzellen, deren Stammfortsätze einander in der Mittellinie kreuzen und durch den vorderen Doppelnerven nach der Peripherie ziehen (*gn*).

h — bipolare Ganglienzelle, deren Stammfortsatz durch den vorderen Doppelnerven derselben Seite nach der Peripherie hin verläuft (*hn*).

i — Ganglienzelle, deren Stammfortsatz quer über das Ganglion zieht und sich in einen auf- und einen absteigenden Ast theilt, welche sich in verästelte Seitenzweige auflösen.

m — multipolare Ganglienzelle.

gf — breite, durch den hinteren Doppelnerven peripherisch ziehende Nervenfaser, deren Zusammenhang mit einer Ganglienzelle nicht nachweisbar war; ein rückwärts ziehender Ast geht durch den folgenden einfachen Nerven nach der Peripherie.

sfb — sensible Faserbündel des Bauchstrangs, deren Verlauf von der Peripherie her durch die verschiedenen lateralen Nerven (*sf*) sichtbar ist.

hg — äussere Contour der Körperhaut eines Segmentes.

isf — die das Segment vorn und hinten begrenzenden intersegmentalen Furchen. Rechts davon in der Figur bemerkt man die peripherische Verbreitung und Verzweigung der motorischen Fasern, ebenso wie die Bündel sensibler Fasern, welche aus der Haut nach dem Bauchstrang hin ziehen. Sowohl die sensiblen wie die motorischen Fasern sind in der Abbildung unterbrochen und ihr verkürzter Verlauf durch Punktirungen angegeben.

Fig. 2. Partie des stark gestreckten Bauchstrangs in dorsaler Längsansicht. Golgi'sche Färbung. Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tub.) gezeichnet.

en — einfacher Nerven.

dn — Doppelnerven.

a — Ganglienzelle, deren Stammfortsatz durch den hinteren Doppelnerven das Ganglion verlässt.

k — Ganglienzellen, deren Stammfortsätze quer über das Ganglion ziehen und sich dann in einen auf- und einen abziehenden Ast theilen.

m — multipolare Ganglienzelle.

Fig. 3. Kleine Partie einer Kolossalfaser, deren Scheide durch die Silberbehandlung eine Feldermosaik aufweist, welche offenbar einer Endothelzeichnung entspricht. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Gez. v. Gustaf Retzius.

Typogr. Central-Tryckeriet.

Autotypi v. J. Cederquist.

Tafel II.

Das Nervensystem des Lumbricus.

Fig. 1. Partie des mässig gestreckten Bauchstrangs mit zwei Ganglien und deren abgehenden Nerven. Dorsale Längsansicht. Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

a — lateral belegene Ganglienzellen, welche durch den hinteren Doppelnerven derselben Seite ihre Stammfortsätze (*an*) nach der Peripherie senden.

f — Ganglienzelle, die den Stammfortsatz (*fn*) quer über das Ganglion zum hinteren Doppelnerven sendet.

k — drei neben der Medianebene belegene Ganglienzellen, von denen zwei ihre Stammfortsätze quer über diese Ebene senden, welche dann getheilt in die longitudinale Richtung umbiegen, ohne in die abgehenden Nerven einzutreten. Die dritte Zelle schickt den Stammfortsatz getheilt in die Längsrichtung, ohne die Mittellinie zu kreuzen und in periphere Nerven einzutreten.

l — Ganglienzelle, deren Fortsatz quer über das Ganglion zieht, um in den hinteren Doppelnerven des nach vorn davon liegenden Ganglions einzutreten.

h — bipolare Ganglienzelle.

m — multipolare Ganglienzellen.

Fig. 2. Ein Ganglion des Bauchstrangs eines stark zusammengezogenen Thieres in dorsaler Längsansicht. Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

en — einfacher Nerven.

dn — Doppelnerven.

bg — ventrales Blutgefäss.

Mehrere Ganglienzellen sind sichtbar, welche ihre Stammfortsätze nach den peripheren Nervenwurzeln senden.

Fig. 3—5. Nervenwurzeln des Bauchstrangs mit darin eintretenden sensiblen Fasern, welche sich in verschiedener Weise verhalten und endigen. Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 6. Partie eines peripheren Nervenzweiges mit drei sich verzweigenden motorischen (*mf*) und einem Bündel unverzweigter, feiner sensibler (*sf*) Nervenfasern. Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 1.

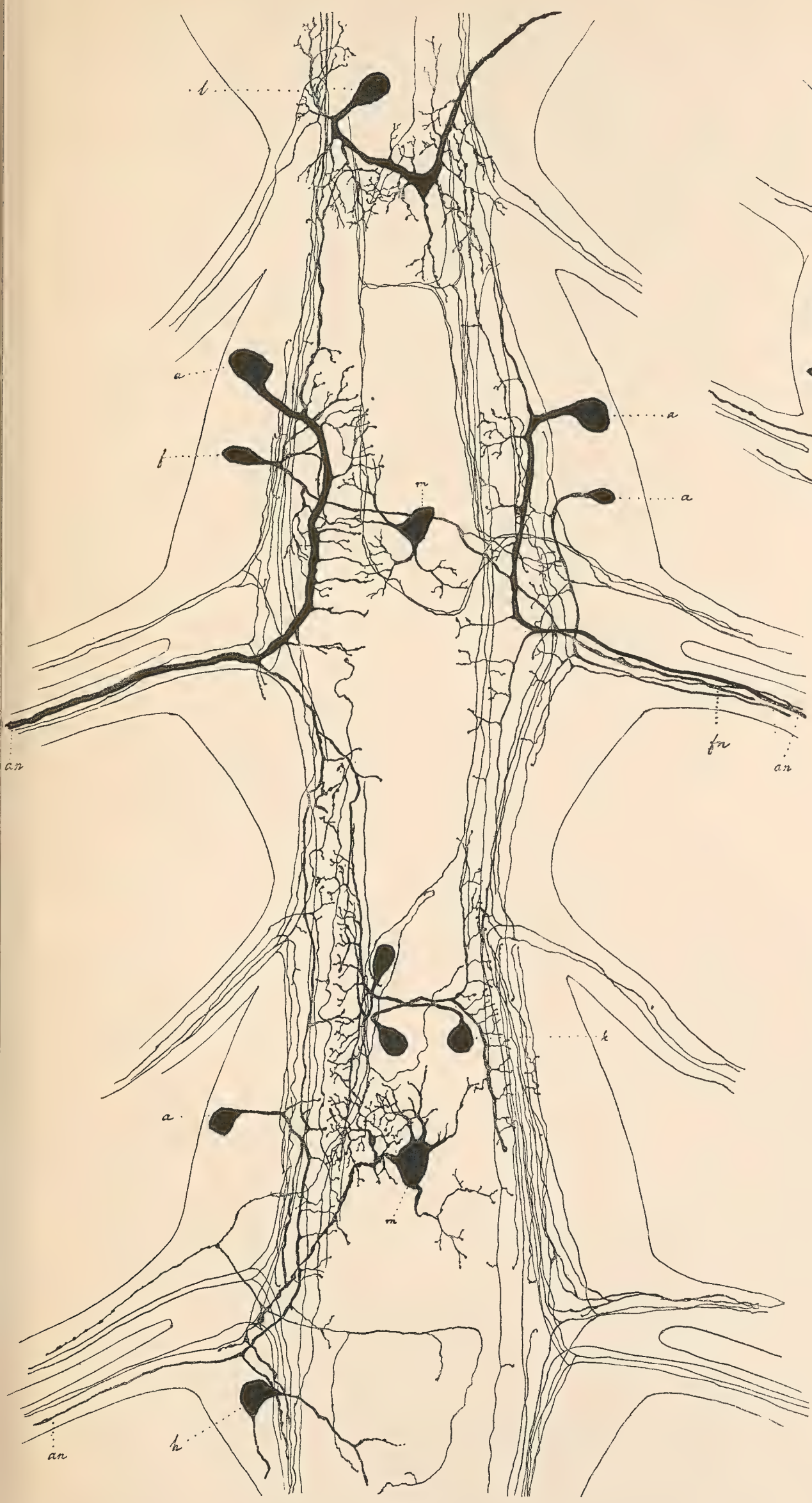


Fig. 2.

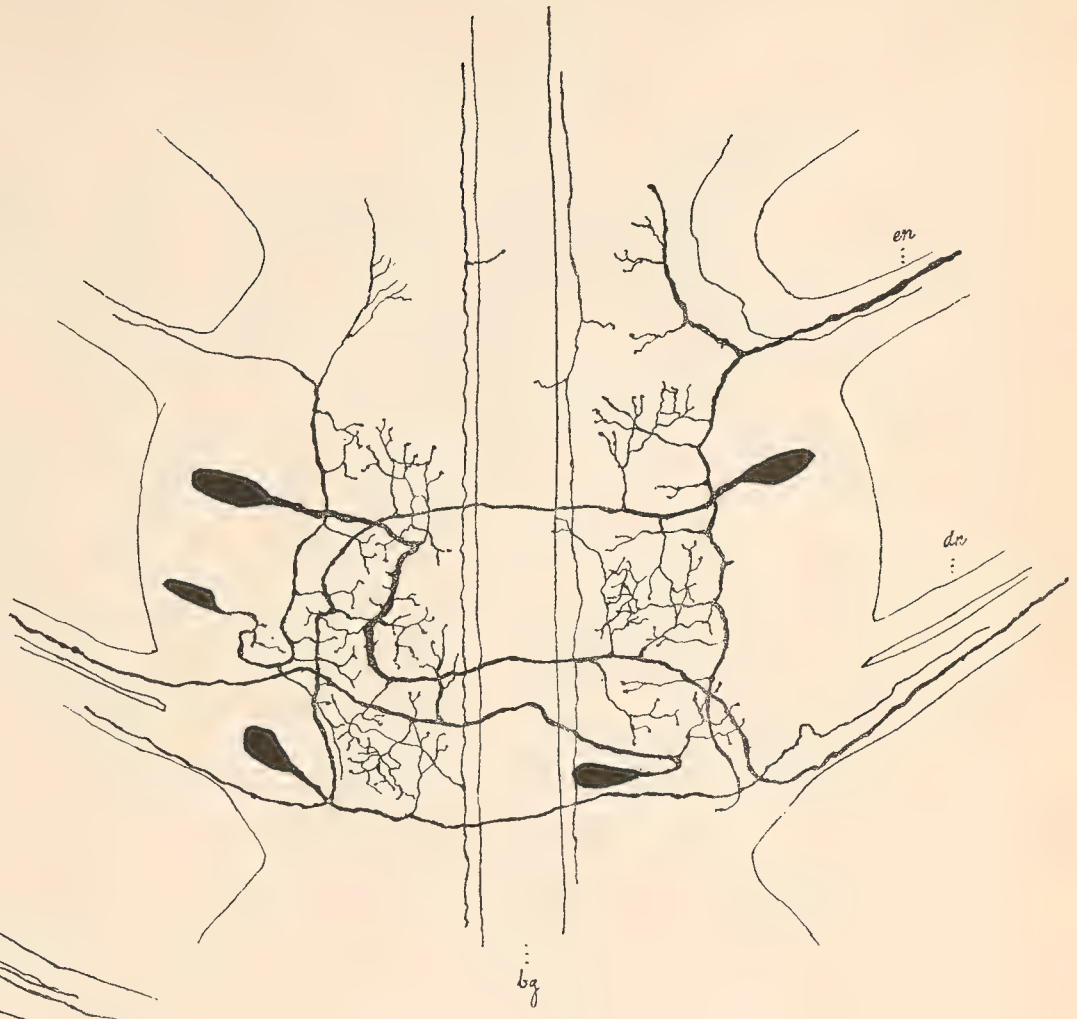


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

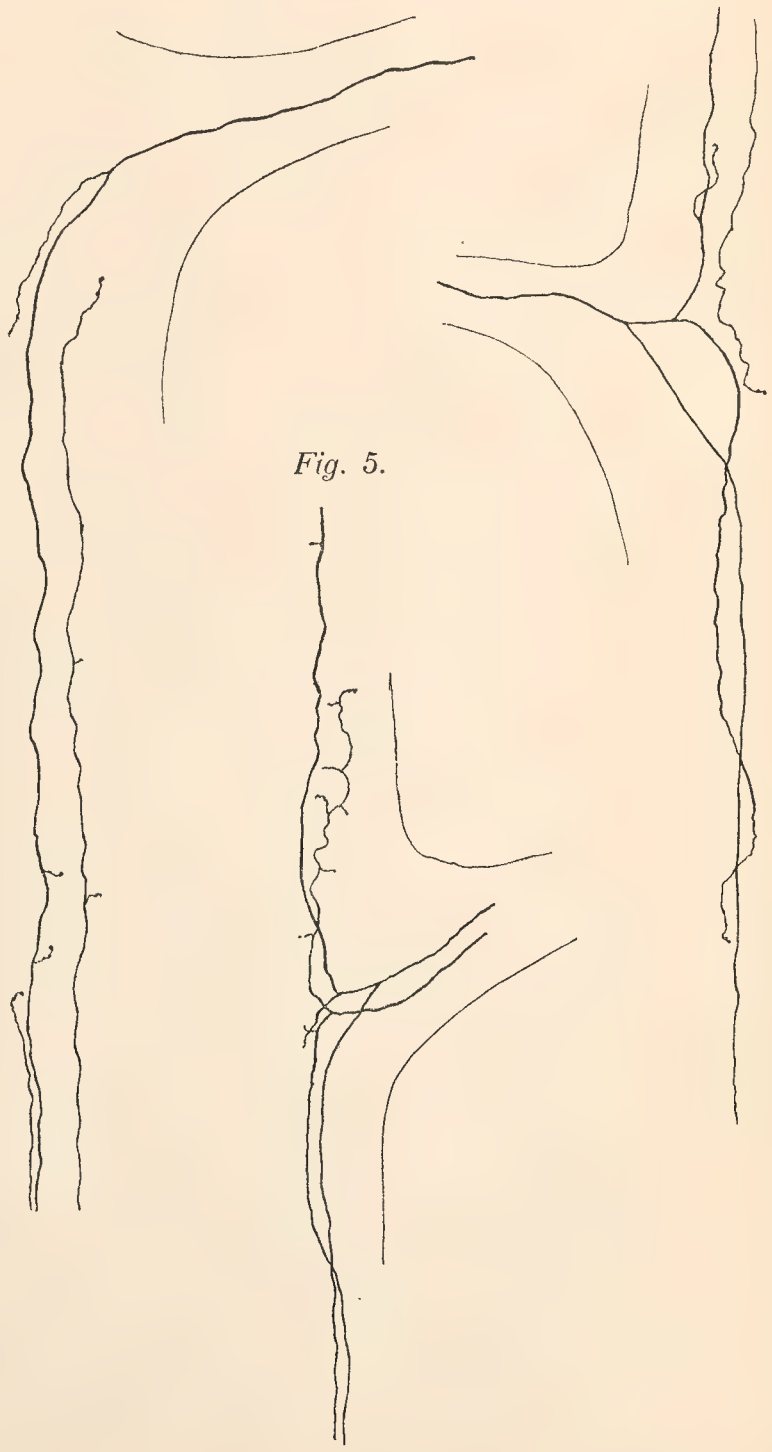
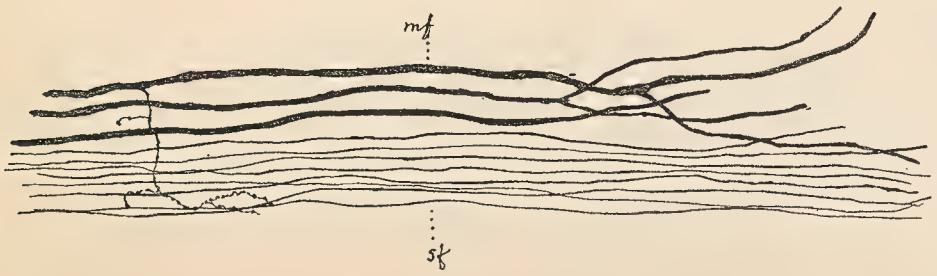


Fig. 6.



Gez. v. Gustaf Retzius. Typogr. Central-Tryckeriet. Autotypi v. J. Cederquist.

Tafel III.

Das Nervensystem des Lumbricus.

Fig. 1. Partie des Bauchstrangs eines stark zusammengezogenen Thieres, mit drei Ganglien und deren abgehenden Nerven. Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Mehrere sensible Nervenfasern mit schönen Endigungen sind sichtbar.

a — Ganglienzelle, deren Stammfortsatz (*an*) durch den hinteren Doppelnerven derselben Seite das Ganglion verlässt.

f — Ganglienzelle, deren Stammfortsatz nach der Abgabe eines Büschels von Nebenfortsätzen durch den hinteren Doppelnerven nach der Peripherie zieht.

g — Ganglienzellen, deren Stammfortsätze, nach der Kreuzung in der Mittellinie, durch den vorderen Doppelnerven der entgegengesetzten Seite das Ganglion verlassen (*gn*).

m — multipolare Ganglienzellen.

n — Ganglienzellen, deren Stammfortsatz sich unweit der Mittellinie theilt und einen Ast nach vorn, einen nach hinten schickt, welche Aeste unter Abgabe von kleinen Seitenästen sich auflösen, ohne in die peripheren Nerven hineinzutreten.

Fig. 2. Partie des Bauchstrangs eines mässig gestreckten Thieres, mit einem ganzen Ganglion und mit Stücken der angrenzenden. Längsansicht. Golgi'sche Färbung. Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 1 (eingesch. Tubus) gez.

1, 2, 3 — Die sensiblen Faserbündel, welche bei starker Färbung abgebildet sind.

en — einfacher Nerven.

dn — Doppelnerven.

Fig. 3. Ein Ganglion des mässig gestreckten Bauchstrangs in dorsaler Längsansicht. Golgi'sche Färbung. Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus) gez.

en — einfacher Nerven. *dn* — Doppelnerven.

Mehrere Ganglienzellen (*a, c, m, n*) sind mit ihren Fortsätzen dargestellt. Die Erklärung derselben ist in der Beschreibung der Fig. 1 nachzusehen. Einige sensible Fasern sind ebenfalls abgebildet.

Fig. 4. Partie des ventralen Blutgefässes, *bg,* mit quer gelagerten Bändern (Muskelfasern) *mb,* und mit einer über ihr belegenen multipolaren Ganglienzelle *m*. Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 1.

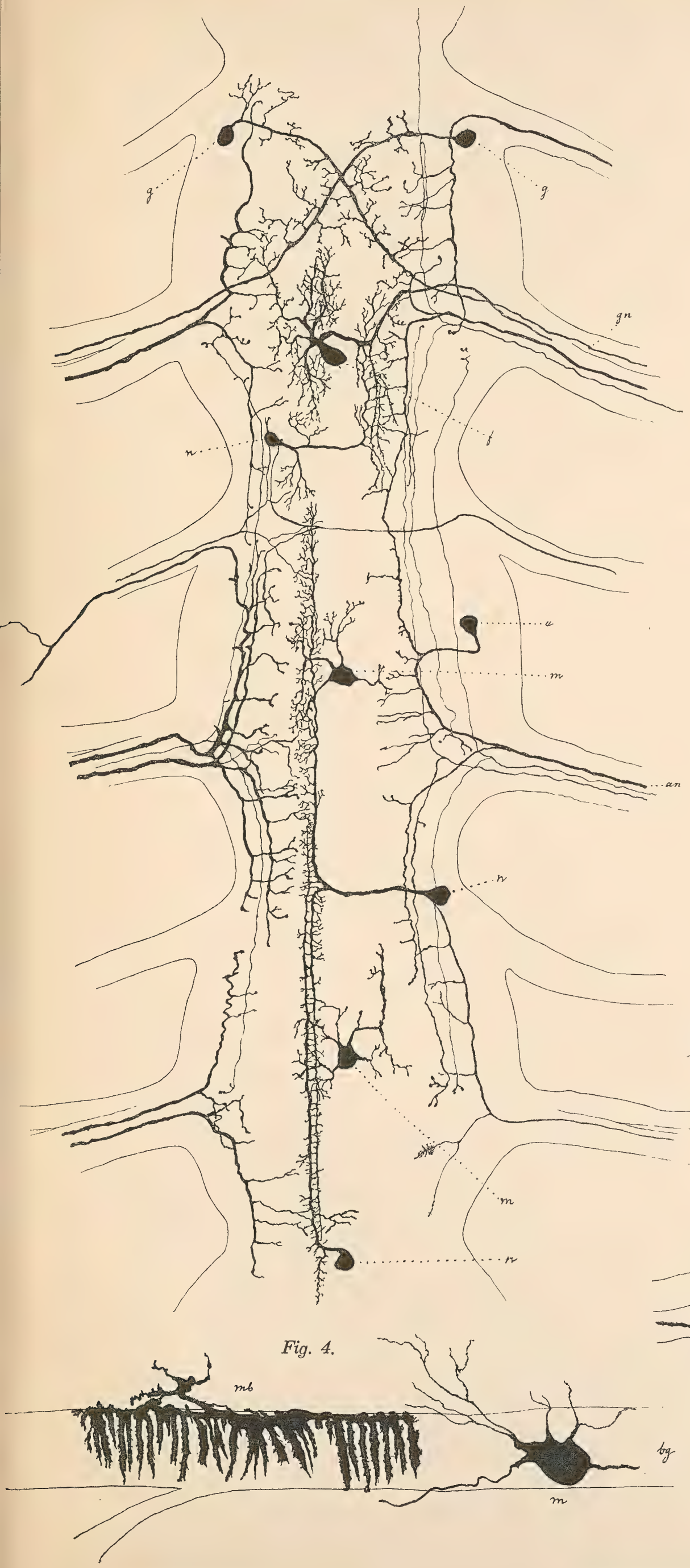


Fig. 2.

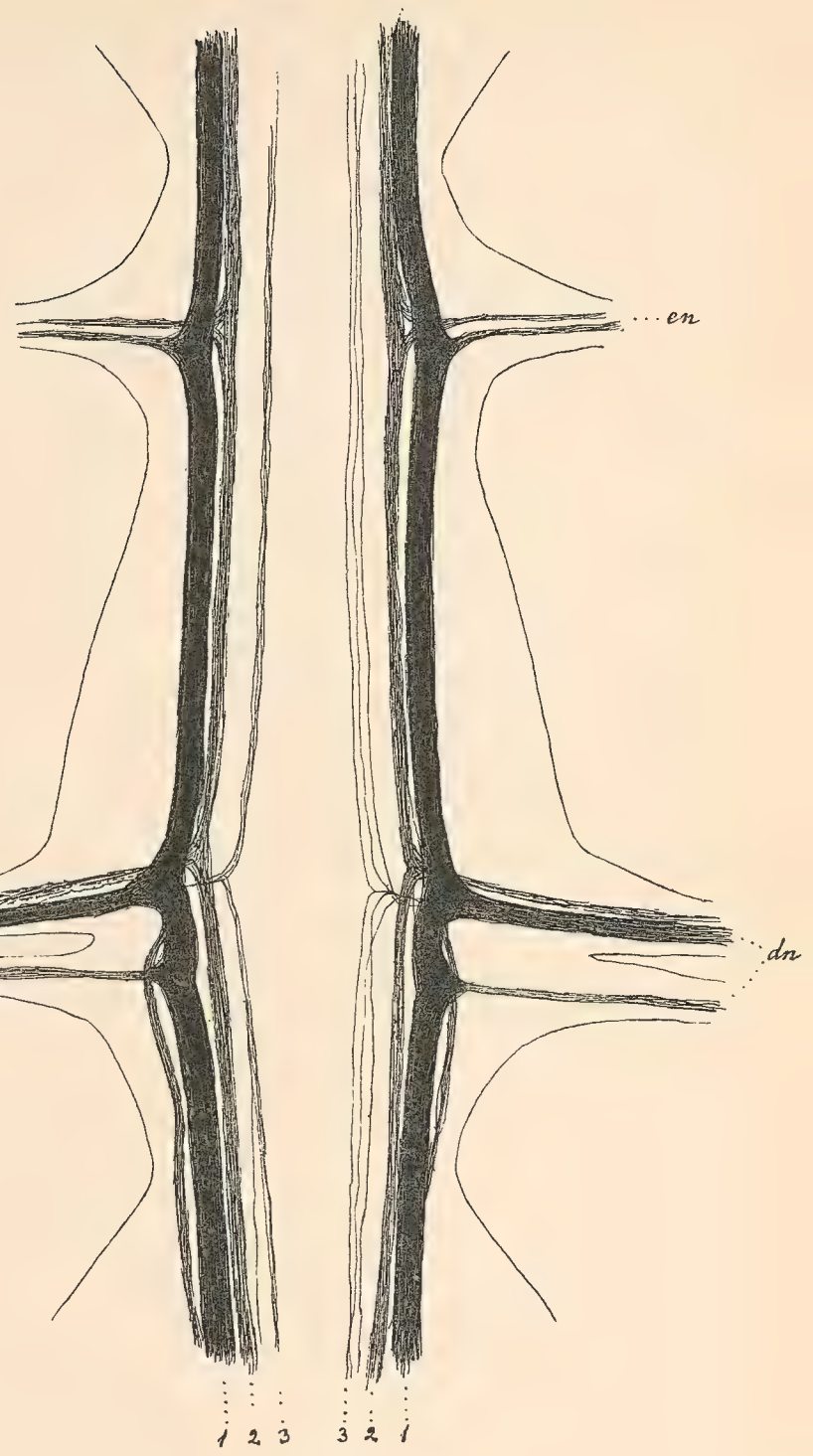


Fig. 3.

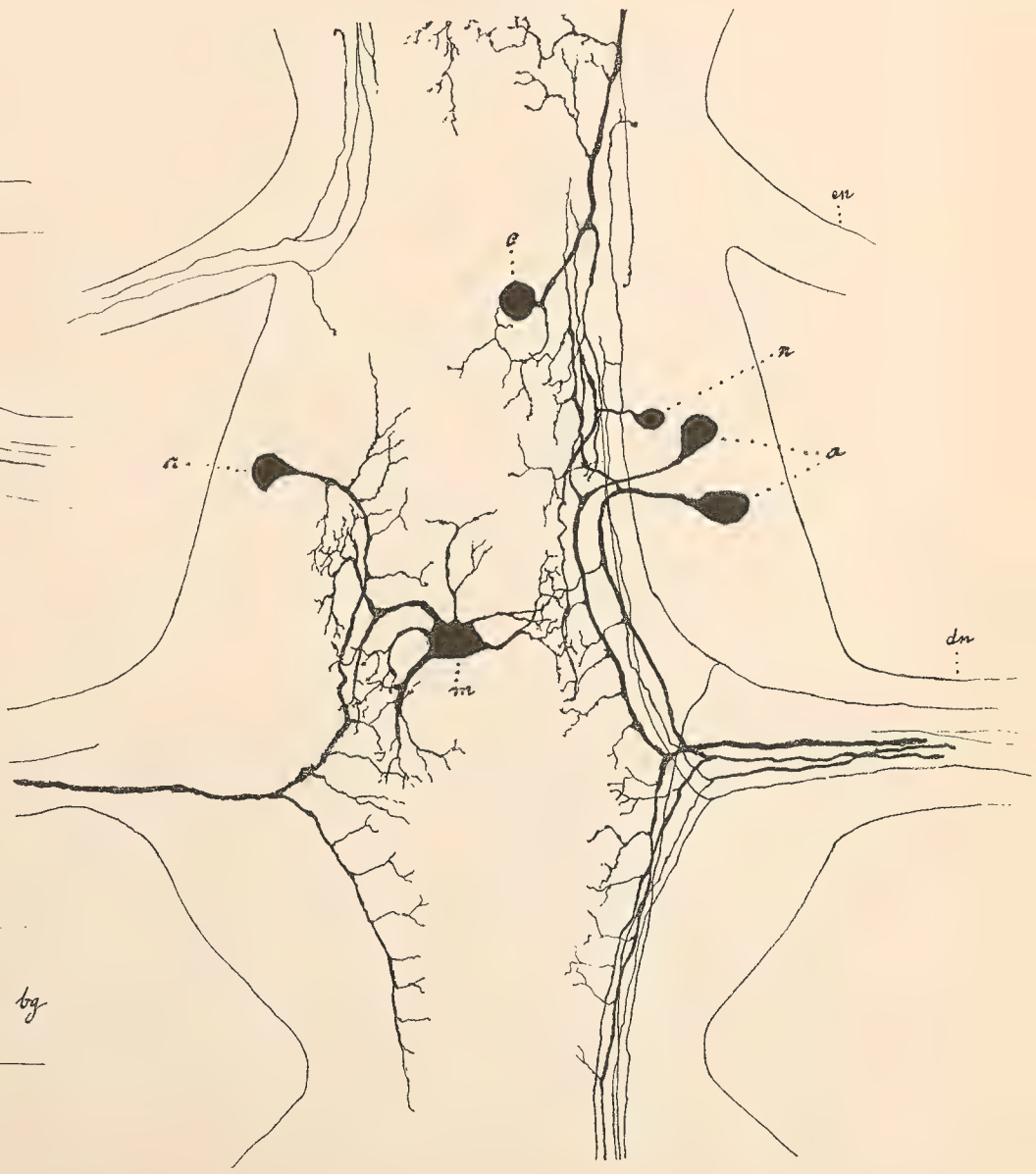


Fig. 4.

Gez. v. Gustaf Retzius.

Typogr. Central-Tryckeriet.

Autotypi v. J. Cederquist.

Tafel IV.

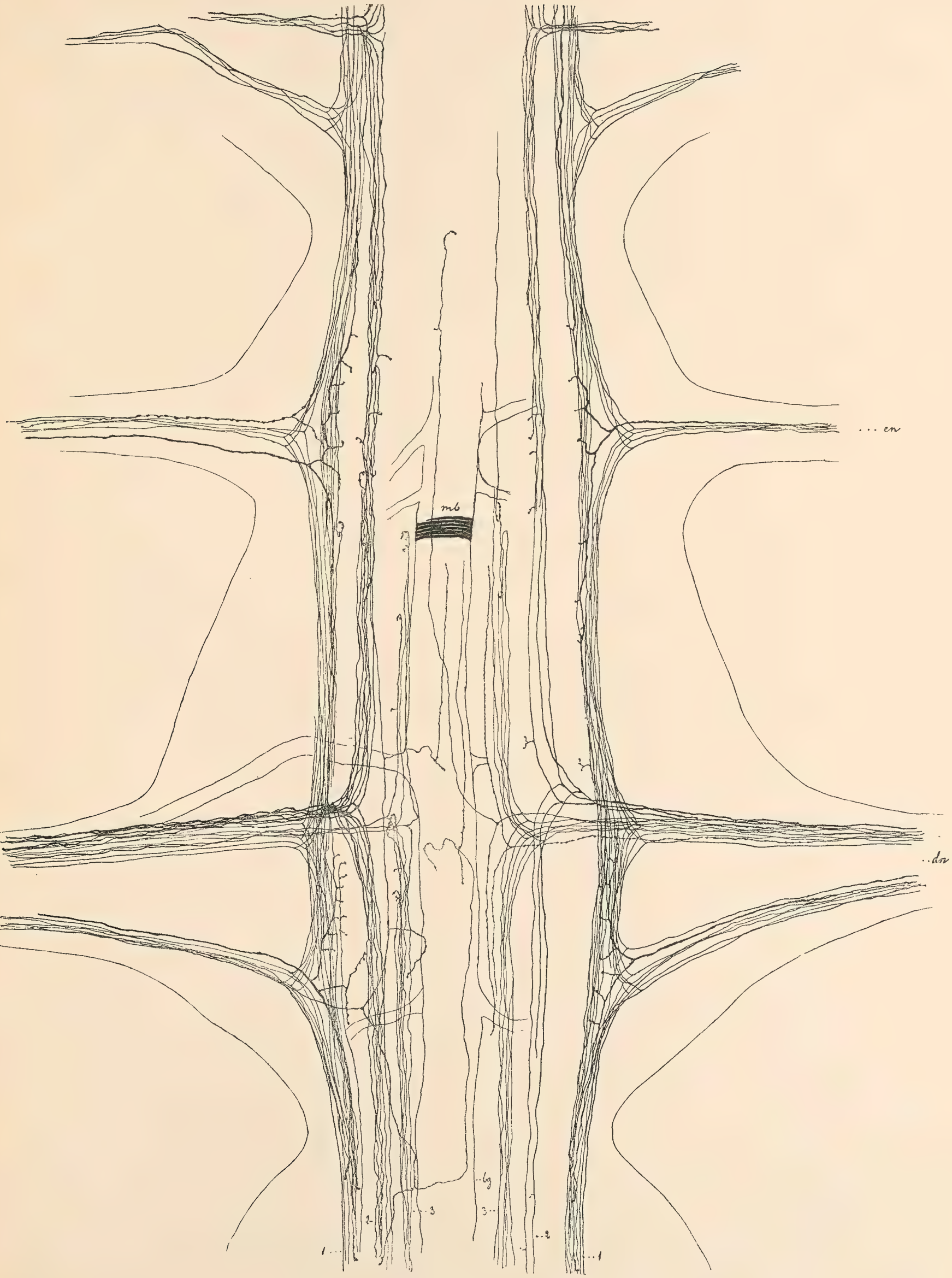
Das Nervensystem des Lumbricus.

Fig. 1. Partie des Bauchstrangs eines mässig gestreckten Thieres (gross. Exemplar.) in dorsaler Längsansicht. Ein Ganglion mit anhängenden Theilen der Nachbarganglien und mit den abgehenden Nerven (*en* — einfacher Nerven; *dn* — Doppelnerven). Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Die Figur stellt das System der aus den peripheren Nerven in den Bauchstrang eindringenden *sensiblen Nervenfasern* mit ihren Theilungen und Endigungen dar.

1, 2, 3. — die verschiedenen, bilateral angeordneten Bündel sensibler Nervenfasern.

bg — die Contouren des ventralen Blutgefässes mit einigen circulär angeordneten, geschwärzten Bändern (*mb*), welche wahrscheinlich Muskelfasern entsprechen. In dem Mittelfelde, über dem Gefässe, sind einige aus den seitlichen Bündeln hineinziehenden Nervenfasern sichtbar.



Gez. v. Gustaf Retzius.

Typogr. Central-Tryckeriet.

Autotypi v. J. Cederquist.

Tafel V.

Das Nervensystem des Lumbricus.

Fig. 1. Partie eines Querschnitts des Thieres mit einem Ganglion und zwei seitlich abgehenden Nerven (*n*), welche durch die muskuläre Längs- (*l*) und die Ringfaserschicht (*r*) nach der Körperoberfläche ziehen. Man sieht in den Nerven einige grobe Fasern, Muskelnervenfasern, welche sich verzweigen und in die Muskelschichten eintreten, um sich in ihnen zu verzweigen. Die übrigen, ganz feinen Fasern, die sensiblen Nervenfasern, setzen unverzweigt ihren Weg durch die Nerven hindurch, und man kann ihren Ursprung als Fortsätze der im äusseren Hautepithel (*e*) belegenen Sinnesnervenzellen wahrnehmen. Ferner bemerkt man die tangential angeordnete subepitheliale Schicht der Seitenäste der nervösen Zellenfortsätze, ebenso wie den Verlauf der Nervenzweige und die zwischen den Muskelschichten befindliche horizontale Faserausbreitung (*hn*); — *g*, laterale, am Abgang der Nerven belegene Blutgefässe. Golgi'sche Färbung. Bei Vér. Obj. 2 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus) gez.

Fig. 2. Querschnitt eines Ganglions mit abgehenden seitlichen Nerven. Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

mz — eine ventral belegene Ganglienzelle, deren Stammfortsatz nach der Abgabe von Nebenfortsätzen in bogenförmigem Verlaufe durch das Ganglion in den Nerven der entgegengesetzten Seite hineintritt.

mt — breite, motorische Fasern, Stammfortsätze im Präparate nicht sichtbarer Ganglienzellen.

sf — sensible Nervenfasern, welche nach dem Eintritt in das Ganglion sich Y-förmig theilen, deren weiterer Verlauf aber abgeschnitten ist.

bz — schön verzweigte Bindegewebszelle.

kf — die drei Kolossalfasern.

bg — das ventrale Blutgefäss.

Fig. 3. Querschnitt eines Ganglions mit abgehenden Seitennerven und einer multipolaren Ganglienzelle — *kf*, die drei Kolossalfasern. Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 4. Seitliche Partie eines Querschnitts des suboesophagealen Ganglions mit einer Ganglienzelle. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 5. Partie des Epithels der Epidermis mit einer Reihe von Sinnesnervenzellen und drei Stützzellen (*st*). Vertikalschnitt. Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus).

Fig. 6—8. Partien von Endästen der Muskelnerven mit ihren Endigungen an den Muskeln. Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus).

Fig. 1.

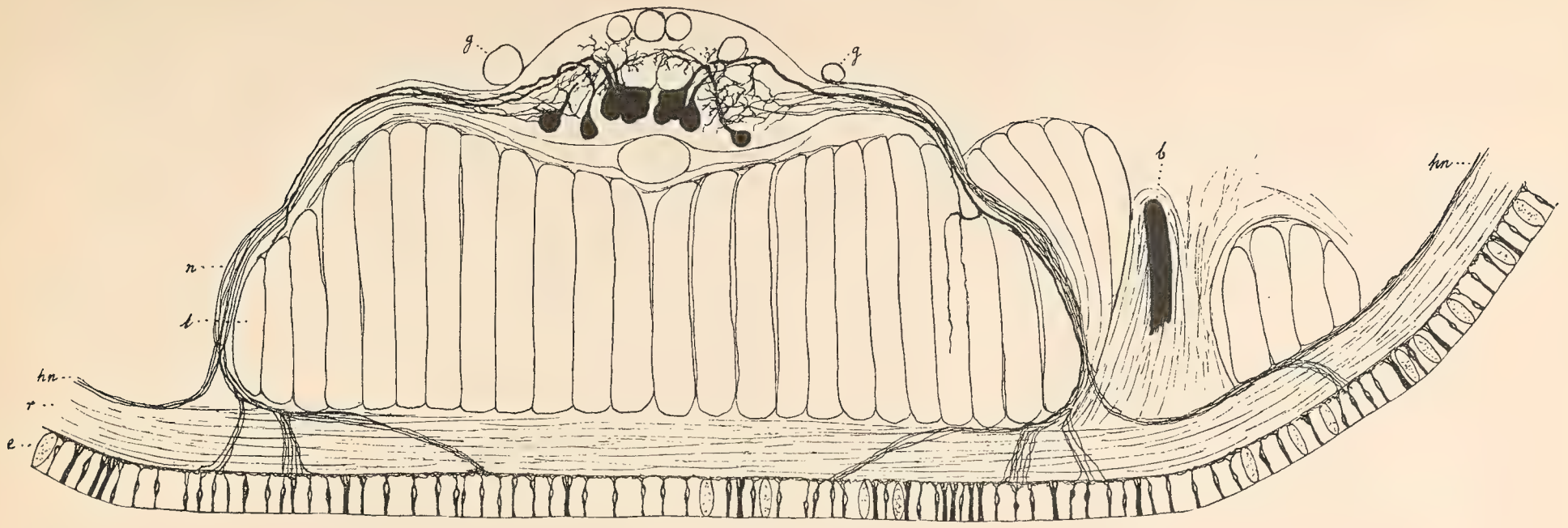


Fig. 2.

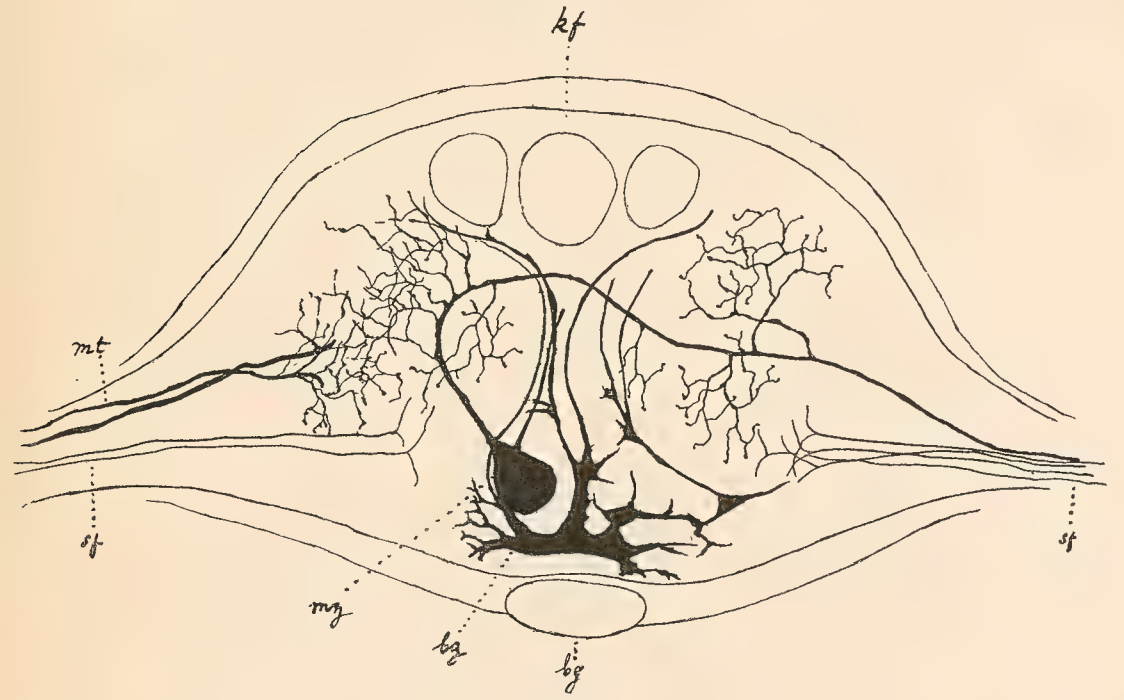


Fig. 3.

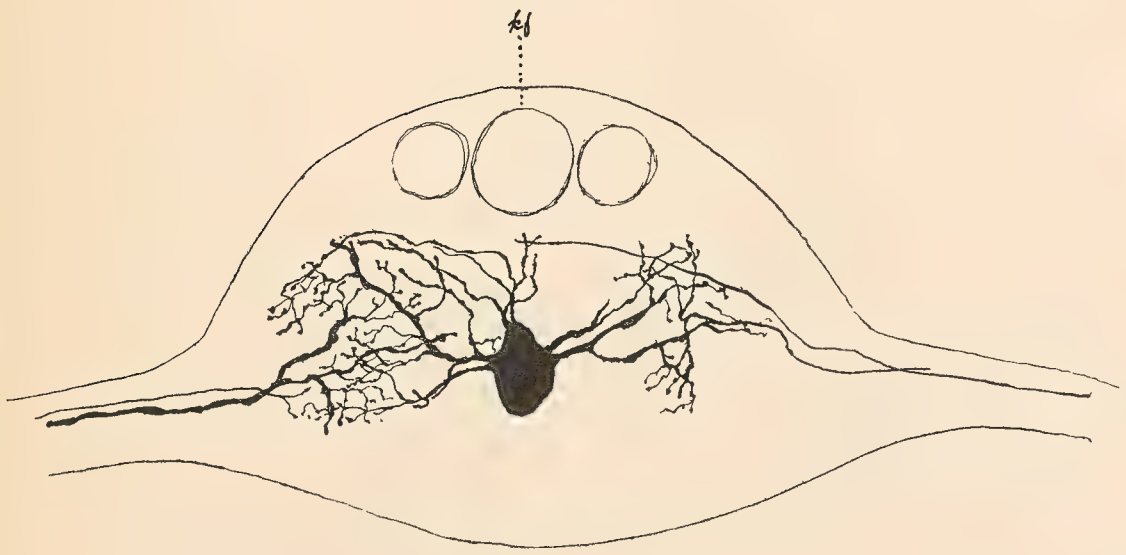


Fig. 4.

Fig. 6.

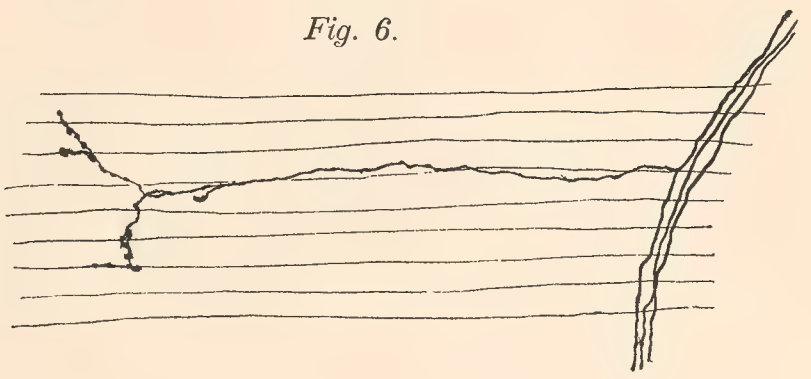


Fig. 7.

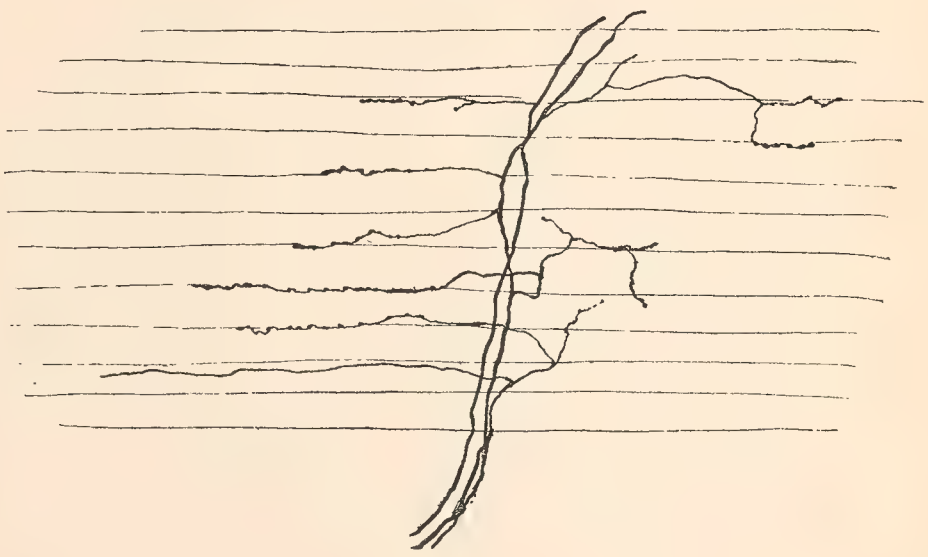


Fig. 8.

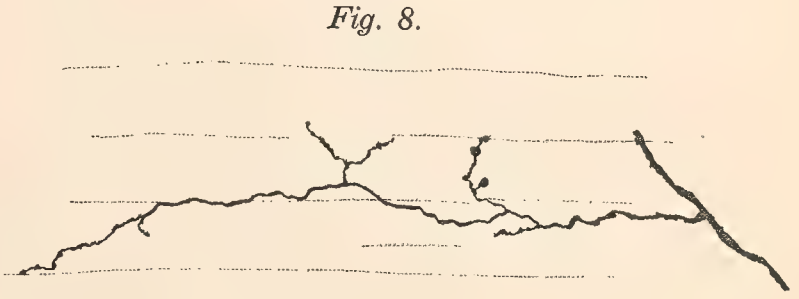
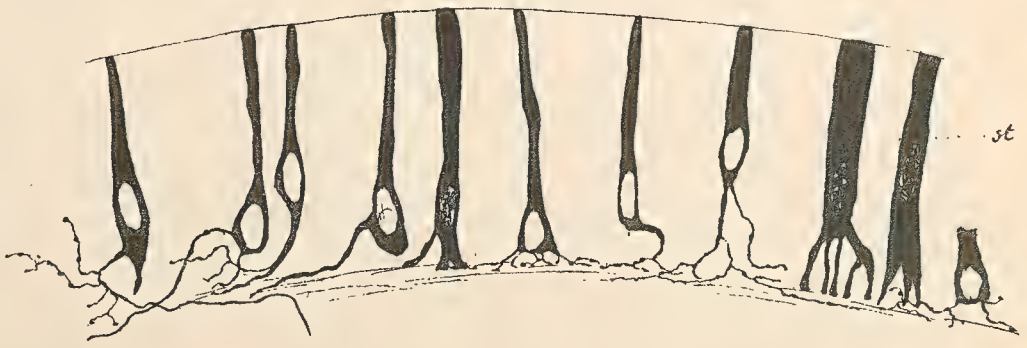


Fig. 5.



Gez. v. Gustaf Retzius. Typogr. Central-Tryckeriet. Autotypi v. J. Cederquist.

Tafel VI.

Das Nervensystem des Lumbricus.

Fig. 1—5. Partien von Vertikalschnitten der Epidermis mit ihren Sinnesnervenzellen (*sz*) in verschiedenen Formen und den von ihnen entspringenden sensiblen Nervenfasern (*sf*), welche mit den Seitenästen eine subepitheliale horizontale Faserschicht (*np*) bilden.

st — Stützzellen.
mu — Schleimzellen.
c — Cuticula.
o — schiefe Oberflächenansicht der Epidermis mit der Mosaikzeichnung der oberen Enden der Zellen.
rf — Ringfaserschicht.
lf — Längsfaserschicht.

Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus).

Fig. 6. Partie der Endverzweigung von motorischen Nervenfasern. Von einer Nervenfaser des Nervenastes *nz* zweigt sich eine Faser ab, welche sich an der Muskellamelle *m* in schöner Weise verästelt und mit freien feinknotig-varicösen Enden ausläuft und endigt. Rechts tritt eine andere Nervenfaser heran, um ebenfalls zu endigen. Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus). In der Figur sind die Grenzen der Muskelbündel durch Punktirung angegeben.

Fig. 7. Partie eines Vertikalschnitts des Mundepithels mit *sz* Sinnesnervenzellen, *st* Stützzellen, *c* Cuticula, *n* Nervenfasern, welche von den Sinnesnervenzellen entspringen und in die unterliegende Schicht eindringen, wahrscheinlich um die Bahn nach dem Supraoesophagealganglion fortzusetzen. Golgi'sche Färbung. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 1.

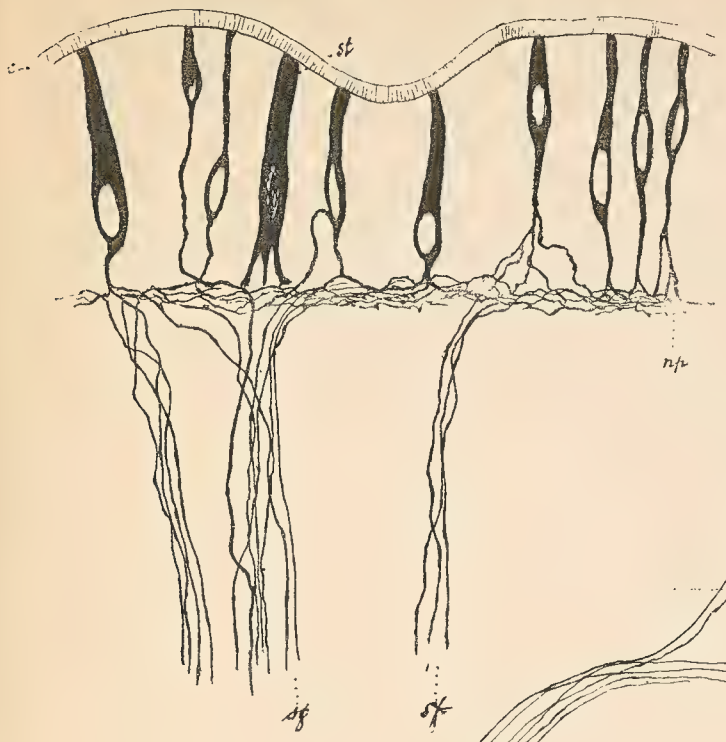


Fig. 2.

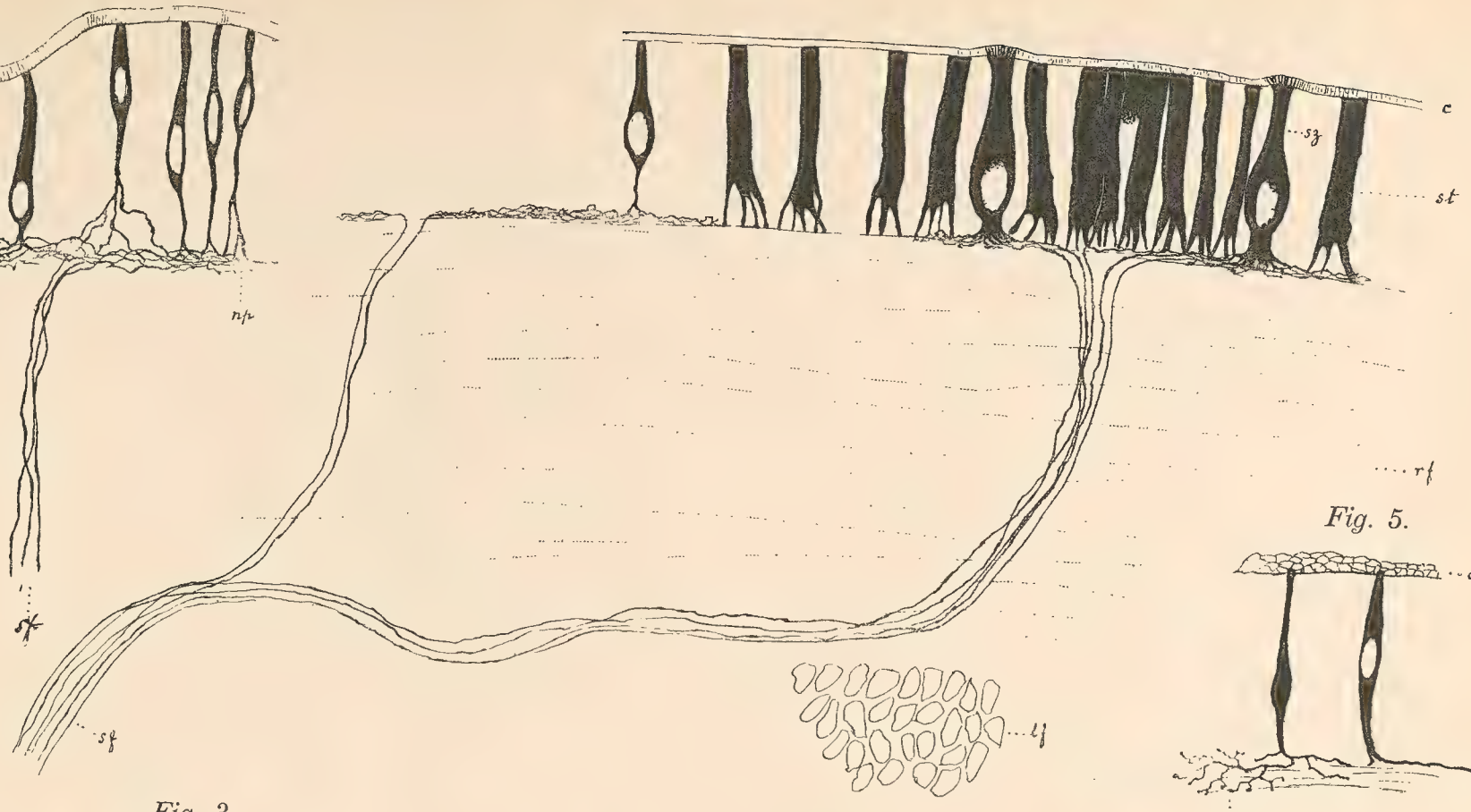


Fig. 5.

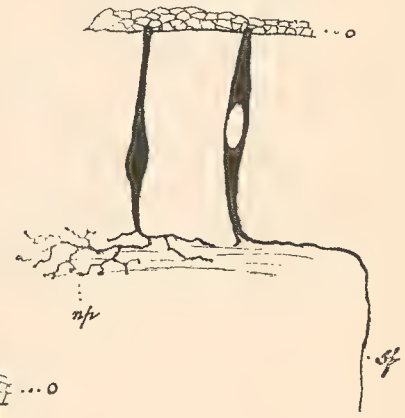


Fig. 3.

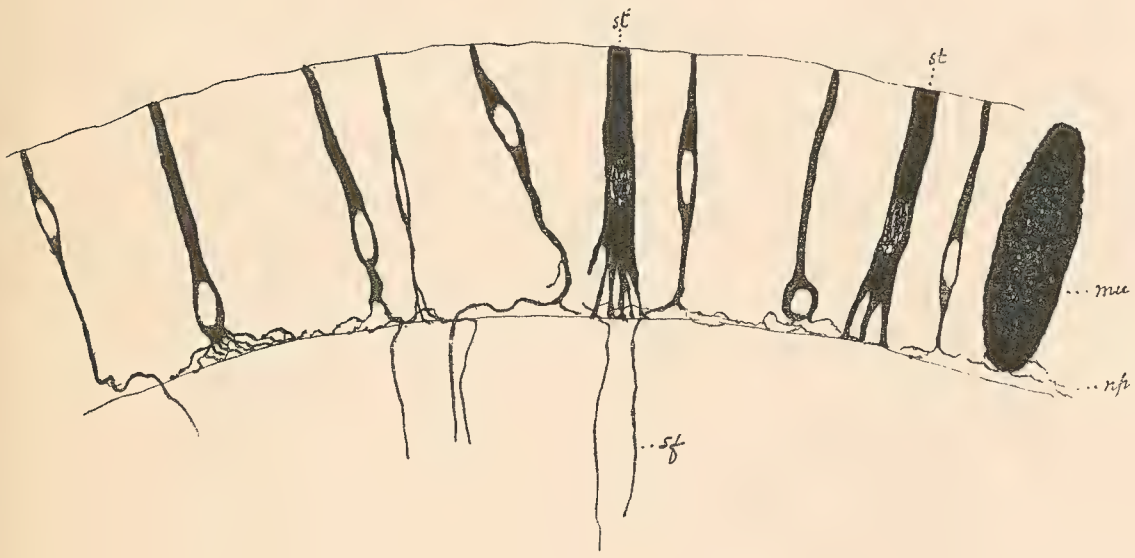


Fig. 4.

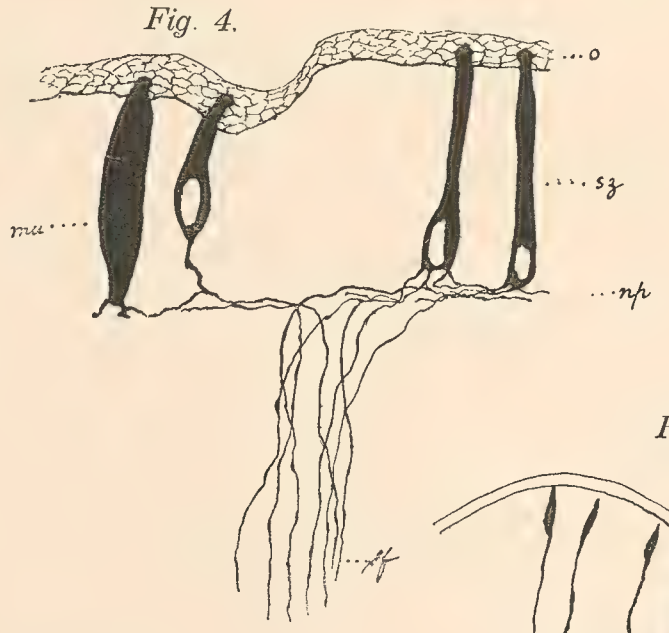


Fig. 7.

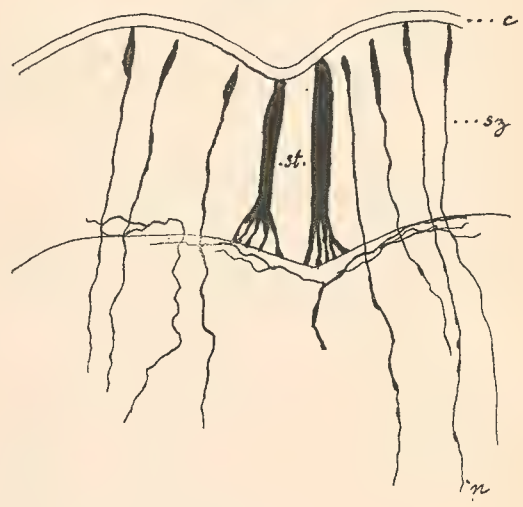
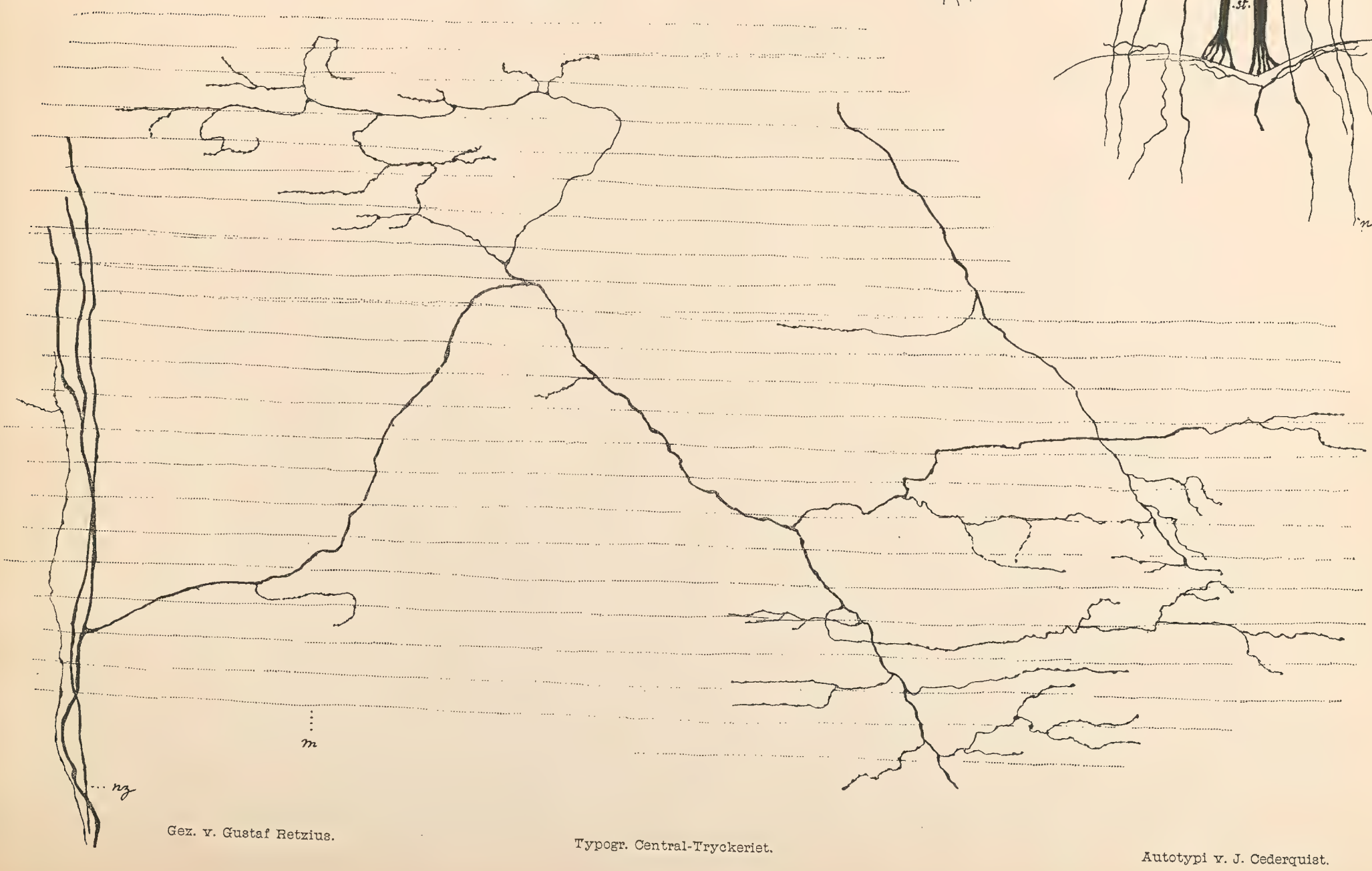


Fig. 6.



Gez. v. Gustaf Retzius. Typogr. Central-Tryckeriet. Autotypi v. J. Cederquist.

Tafel VII.

Die nervösen Elemente der Kleinhirnrinde.

Chrom-Osmium-Silberfärbung.

Fig. 1. Partie des Sagittalschnittes einer Windung vom Kleinhirn eines 7-tägigen *Kaninchens.* Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet. Die verschiedenen Elemente sind aus mehreren Präparaten zusammengestellt.

äk — Die äussere Körnerschicht.

a — *Purkinje'sche Zellen,* von denen die nach rechts befindliche *ohne* Verzweigung der Protoplasmafortsätze, die nach links davon *mit* der Verzweigung derselben abgebildet sind (a^1).

af — Die *Axencylinderfortsätze Purkinje'scher Zellen* mit ihren collateralen Seitenästen (*afs*), welche nach der Molekularschicht emporsteigen.

b — *Korbzellen* mit ihren transversalen Fortsätzen (*bf*), deren hinabsteigende Aeste noch nicht entwickelt sind.

c — *Körnerzellen,* deren Axencylinderfortsätze in die Molekularschicht emporsteigen und in die longitudinalen Fasern (*cf*) umbiegen, welche quer oder schief getroffen sind und deshalb als Punkte oder kurze Striche erscheinen.

d — *Golgi'sche Zellen* mit Protoplasmafortsätzen und nervösen Fortsätzen (*df*), welche sich reichlich verzweigen.

d^1 — kleine Zelle mit verzweigten Fortsätzen.

hf — Nervenfasern mit *nestförmigen Endigungen.*

if — Nervenfasern mit *sternförmigen Enden* (*Kletterplexus*).

mf — *Moosfasern* (*Fibres mousseuses*).

kf — Nervenfasern mit eigenthümlicher Verzweigung (nervöse Fortsätze der Golgi'schen Zellen?)

e — *Neurogliazellen* von denen die Bergmann'schen Fasern entspringen.

Fig. 2. Partie eines Tangentialschnittes der Molekularschicht einer Windung des Kleinhirns von einem 7-monatlichen *Hunde.* Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingeschob. Tubus) gez. Die Figur stellt fünf *Korbzellen* mit ihren transversalen Fortsätzen dar; zwischen ihnen bemerkt man Durchschnitte (*pz*) der Protoplasmafortsätze zweier Purkinje'scher Zellen.

Fig. 1.

Fig. 2.

Gez. v. Gustaf Retzius. Typogr. Central-Tryckeriet. Autotypi v. J. Cederquist.

Tafel VIII.

Die nervösen Elemente der Kleinhirnrinde.

Chrom-Osmium-Silberfärbung.

Fig. 1. Sagittalschnitt der äusseren Partie einer Windung eines 7-tägigen *Kaninchens* mit einer Reihe von Purkinje'schen Zellen, deren Protoplasmafortsätze nur etwa die Hälfte der Höhe der Molekularschicht erreicht haben. In der nach aussen davon belegenen äusseren embryonalen Körnerschicht sind nur einige Zellen (*k*) gefärbt. Von den Zellkörpern der Purkinje'schen Zellen sieht man die Axencylinderfortsätze entspringen, und man kann ferner von diesen Fortsätzen aus den Verlauf ihrer collateralen Seitenäste verfolgen. Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingeschob. Tubus) gez.

Fig. 2. Partie der Kleinhirnrinde eines 11-tägigen *Kaninchens* im Sagittalschnitt. Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet.

if — Nervenfasern mit sternförmiger Endverzweigung oder sog. *Kletterplexus* (Plexus grimpants von Ramón y Cajal).

mf — Moosfasern (Fibres mousseuses von Ramón y Cajal).

pz — Andeutung der Lage der Purkinje'schen Zellen.

Fig. 3. Eine Nervenfaser mit Kletterplexus in Entwickelung begriffen, aus der Rinde eines 11-tägigen *Kaninchens*. Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Gez. v. Gustaf Retzius.

Typogr. Central-Tryckeriet.

Autotypi v. J. Cederquist.

Tafel IX.

Die nervösen Elemente der Kleinhirnrinde.

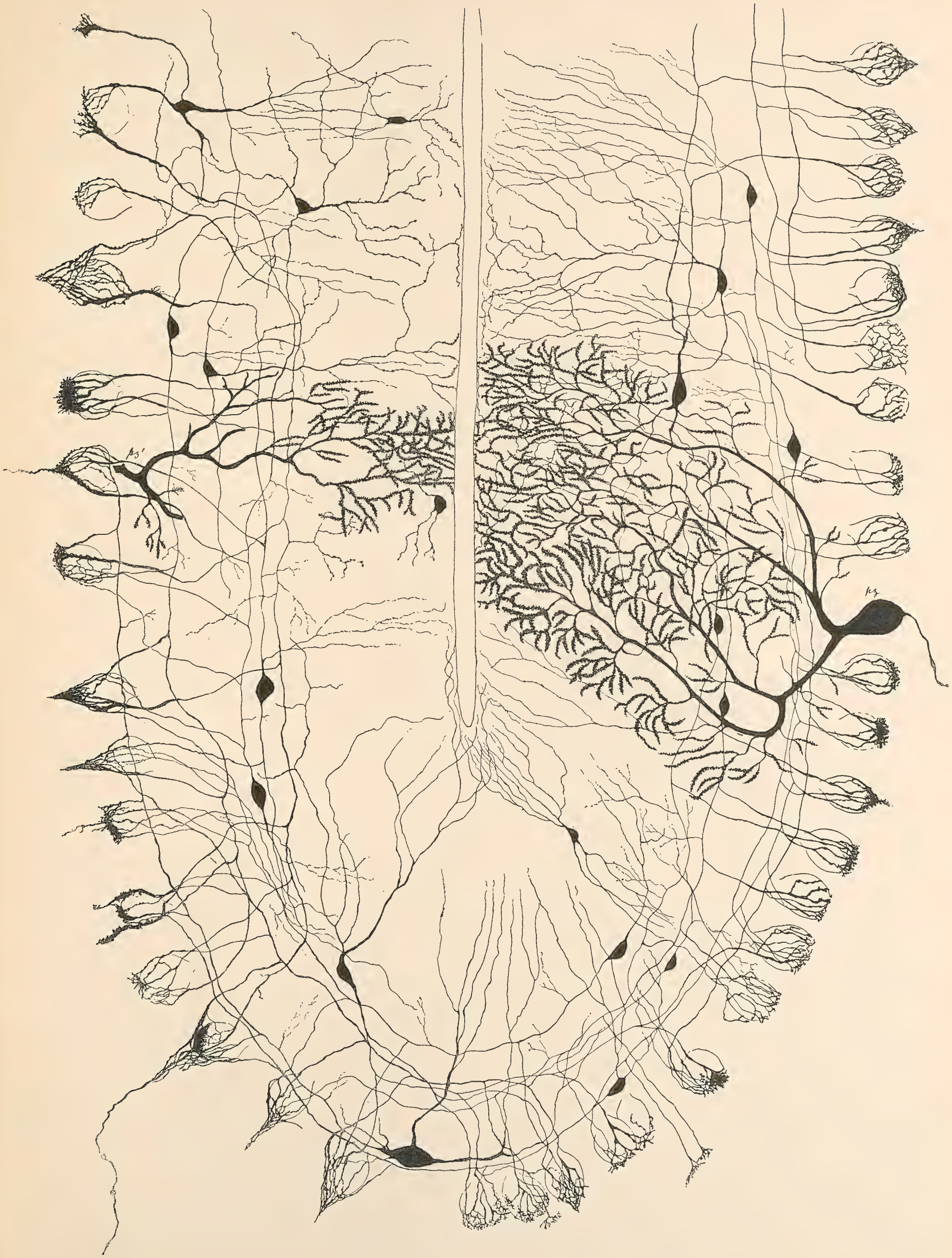
Chrom-Osmium-Silberfärbung.

Die Figur stellt die untere Partie einer Furche mit der angrenzenden Rinde (*Molekularschicht*) des Kleinhirns eines 7-monatlichen *Hundes* dar. Sagittalschnitt, Querschnitt der Windungen.

In der Molekularschicht sieht man eine Anzahl von *Korbzellen*, deren transversale Fortsätze die Korbfasern entsenden, welche die Körbe um die Zellkörper der Purkinje'schen Zellen bilden; diese Zellkörper sind durch Contourlinien angedeutet. In *pz* ist eine gefärbte Purkinje'sche Zelle dargestellt, deren Axencylinderfortsatz nach rechts und deren Protoplasmafortsatz nach links entspringen: die dendritische Verästelung ist in der Fig. abgebildet — In pz^1 ist der eine Zweig des Protoplasmafortsatzes einer zweiten Purkinje'schen Zelle dargestellt, deren Zellkörper nicht gefärbt ist.

Die Figur ist aus mehreren Präparaten zusammengestellt, um die Anordnung der Korbzellen und ihrer Fortsätze, v. A., die verschiedenartige Bildung der Körbe zu zeigen.

Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingeschob. Tubus) gezeichnet.



Gez. v. Gustaf Retzius.

Typogr. Central-Tryckeriet.

Autotypi v. J. Cederquist.

Tafel X.

Die Endigungsweise des Riechnerven.

Fig. 1. Untere Partie eines Sagittalschnittes vom Bulbus olfactorius eines 2-tägigen Kaninchenjungen.

mi — Mitralzellen.
af — Axencylinderfortsatz der Mitralzellen.
co — collateraler Ast des Axencylinderfortsatzes.
mp — tangential verlaufende Protoplasmafortsätze der Mitralzellen.
mpd — zu der Glomeruli ziehende Protoplasmafortsätze der Mitralzellen.
gl — Glomeruli.
o — Olfactoriusfasern.

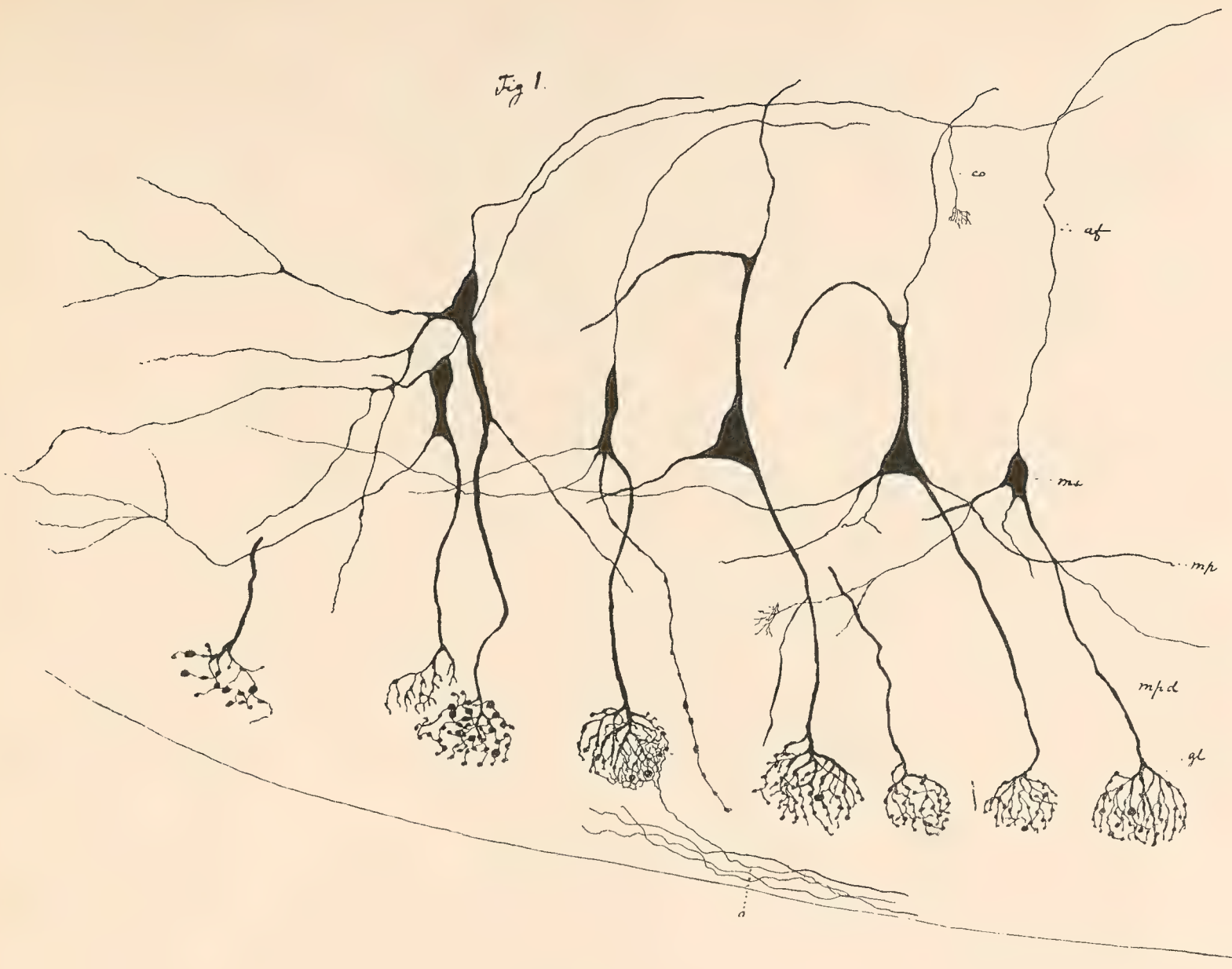
Fig. 2. Sagittaler, senkrechter Durchschnitt der Riechschleimhaut mit dem angrenzenden Theil des Bulbus von einem 1-tägigen Mäusejungen.

mpd — Protoplasmafortsatz einer Mitralzelle.
gl — Glomeruli.
o — Olfactoriusfasern.
kn — Knorpelpartien der Lam. cribrosa, mit dem zwischen ihnen befindlichen Canal, durch welchen die Olfactoriusfasern nach dem Bulbus hinziehen.
bg — bindegewebige Schicht der Mucosa.
rz — Riechzellen.
st — Stützzellen.
dr — Drüse.

Fig. 3, 4, 5. Verzweigungen der Protoplasmafortsätze der Mitralzellen in einzelnen Glomeruli.

Fig. 6, 7, 8. Verzweigungen der Olfactoriusfasern in einzelnen Glomeruli.

Alle diese Figuren sind nach Golgi'schen Chrom-Osmium-Silberpräparaten gezeichnet.



Gez. v. Gustaf Retzius. Typogr. Central-Tryckeriet. Autotypi v. J. Cederquist.

Tafel XI.

Die Endigungsweise des Gehörnerven bei Vögeln und Säugethieren.

Chrom-Osmium-Silberfärbung.

Fig. 1—6. Die Endigungen des Gehörnerven beim *Hühnchen*embryo. — *Fig. 1.* Senkrechter Schnitt einer *Macula* acustica des 11-tägigen Embryos, bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet. — *Fig. 2.* Senkrechter Schnitt einer *Crista* ac. des 11-tägigen Embryos, bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingeschob. Tubus) gezeichnet. — *Fig. 3 und 4.* Senkrechte Schnitte einer *Macula* ac. des 17-tägigen Embryos, bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingeschob. Tubus) gezeichnet. — *Fig. 5.* Senkrechter Querschnitt einer *Crista* ac. des 17-tägigen Embryos, bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingeschob. Tubus) gezeichnet. — *Fig. 6.* Senkrechter Querschnitt der *Papilla* ac. *basilaris cochleæ* des 17-tägigen Embryos, bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingeschob. Tubus) gezeichnet.

Fig. 7—11. Die Endigungen des Gehörnerven bei *Mäuse*jungen (Mus musculus). — *Fig. 7 und 9.* Senkrechte Schnitte von *Maculæ* ac. des neugeborenen Jungen. — *Fig. 10.* Senkrechter Schnitt einer Macula ac. des $5\frac{1}{2}$-tägigen Jungen. — Fig. 8. Ansicht einer *Crista* ac. schief von oben her und durchsichtig gemacht, weshalb einige Nervenendigungen in Flächenausbreitung, andere von der Seite her gesehen sind. — *Fig. 11.* Senkrechter Querschnitt der Macula ac. rec. utric. (*m*) und einer Crista ac. (*cr*) des 4-tägigen Jungen. — Alle Fig. 7—11 sind bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus) gez.

Allgemein gültige Bezeichnungen:

ep — Epithel der Nervenendstellen.
hz — Haarzellen.
n — Nervenfasern.
bg — bindegewebige Wand.
gz — bipolare Ganglienzellen.
fz — gefärbte Fadenzellen.
e — gefärbte Zelle im Epithel der Umgebung.
m — Macula ac.
cr — Crista ac.

In den Präparaten waren nur die Nervenfasern (und einige wenige Zellen) schwarz gefärbt; in den Figuren sind deshalb die Haarzellen und Epithelgrenzen etc. nur durch feine Contouren angegeben.

Fig. 1

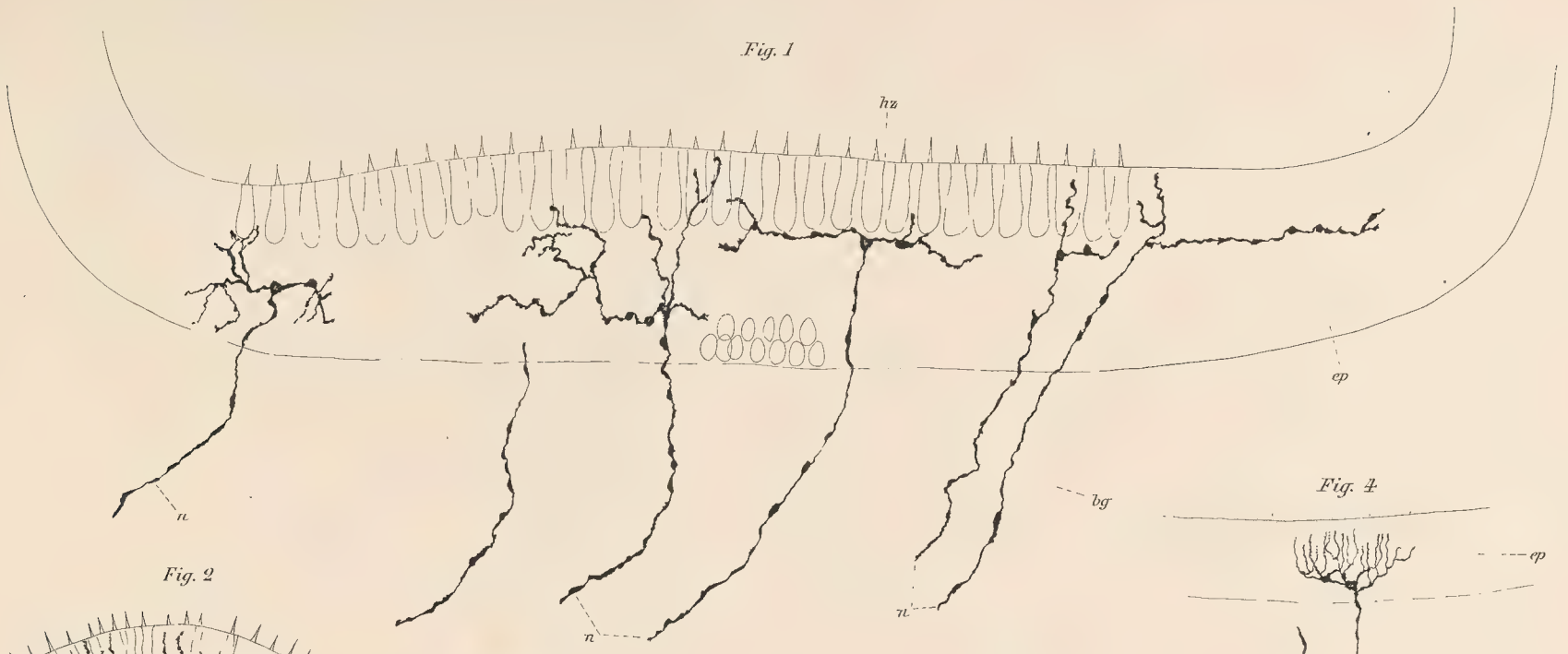


Fig. 2

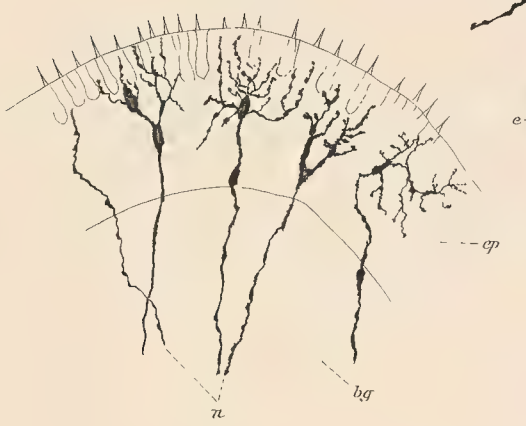


Fig. 3

Fig. 4

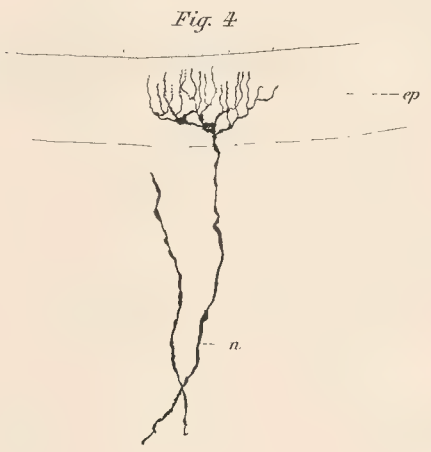


Fig. 5

Fig. 6

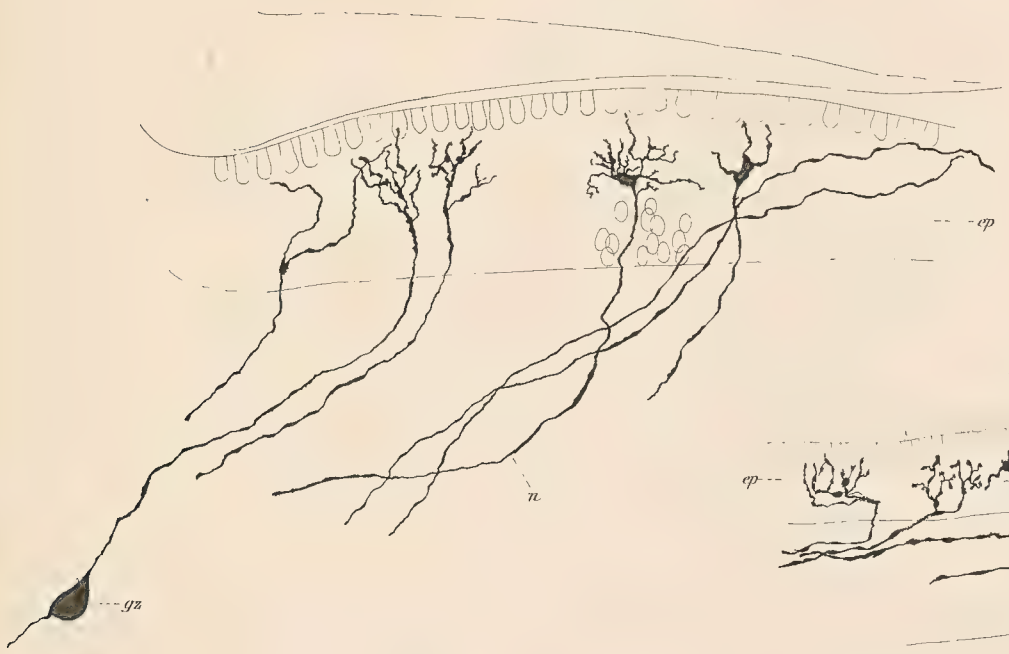


Fig. 7

Fig. 8

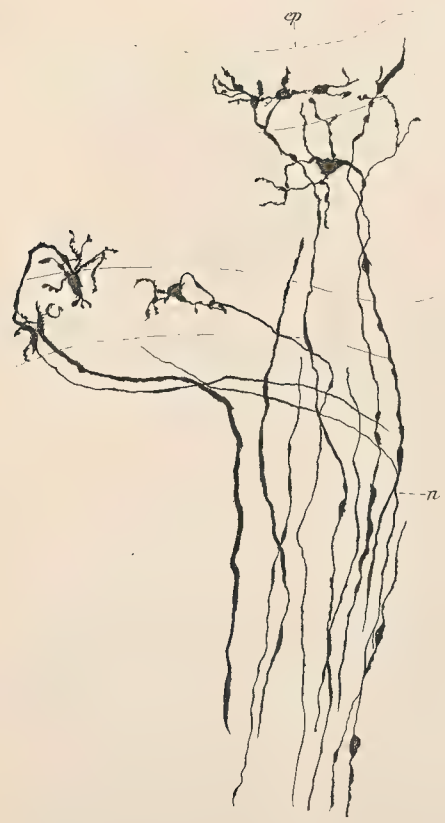


Fig. 9

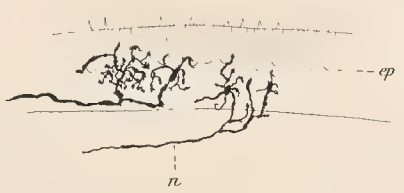


Fig. 10

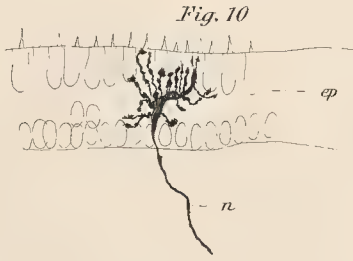


Fig. 11

Gez. v. Gustaf Retzius.

G. Tholander. lith.

W. Schlachter, Stockholm.

Tafel XII.

Die Endigungsweise des Gehörnerven in der Schnecke der Säugethiere.

Chrom-Osmium-Silberfärbung.

Fig. 1. Partie der Lamina spiralis (Oberflächenansicht) des 4-tägigen Mäusejungen, mit Nervenfasern (*n*), welche aus bipolaren Ganglienzellen (*gz*) entspringen und im Cortischen Organ (*oc*) verästelt endigen.

Fig. 2. Partie der Lamina spiralis (Oberflächenansicht) des neugeborenen Mäusejungen, mit Nervenfasern (*n*), welche nach innen vom noch unfertigen Cortischen Organ verästelt endigen; *vs* Vas spirale.

Fig. 3. Partie der Lamina spiralis (Oberflächenansicht) des $5\frac{1}{2}$-tägigen Mäusejungen, mit verzweigten Nervenfasern (*n*); *gz* eine bipolare Ganglienzelle; *äh* äussere Haarzellenzone.

Fig. 4. Senkrechter Querschnitt der Lamina spiralis und des Canalis cochlearis des neugeborenen Mäusejungen mit Nervenfasern (*n*), welche sich in dem noch nicht fertig gebildeten Cortischen Organ verästelt endigen; die Fasern sind perspektivisch abgebildet; *vs* Vas spirale.

Fig. 5. Partie des Cortischen Organes (Oberflächenansicht) des 7-tägigen Mäuseembryos, mit verästelten Nervenfasern.

Fig. 6. Partie der Lamina spiralis (Oberflächenansicht) des 10-tägigen Mäuseembryos, mit Nervenfasern (*n*), von denen eine mit ihrer Ganglienzelle (*gz*) zusammenhängt. Man kann sie bis in die Spiralfasern des Cortischen Organs verfolgen.

Gemeinsame Bezeichnungen:

äh — äussere Haarzellenzone.
cp — Cortische Pfeilerzone.
mr — Membrana Reissneri.

Alle Figuren dieser Tafel sind bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingeschob. Tubus) gezeichnet.

Fig. 1

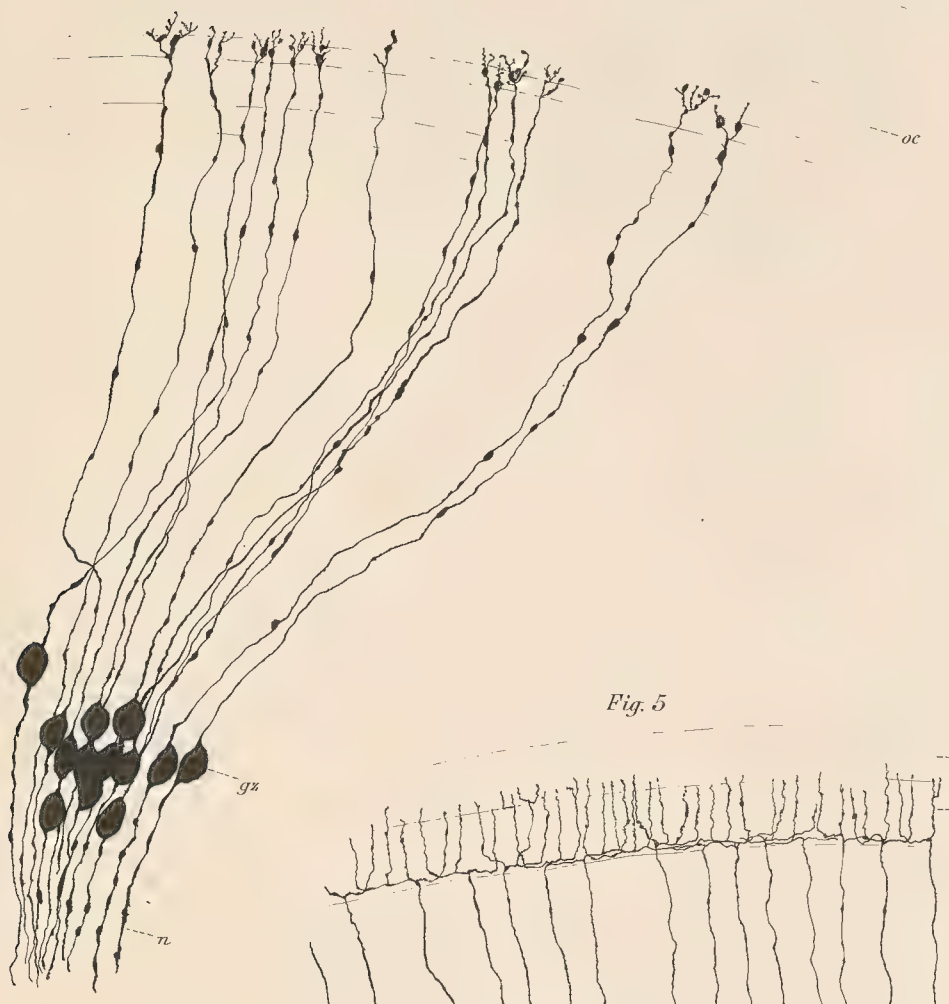


Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Gez. v. Gustaf Retzius. G. Tholander, lith. W. Schlachter, Stockholm.

Tafel XIII.

Die sensiblen Nervenendigungen in der Haut des Petromyzon fluv.

Chrom-Osmium-Silberfärbung.

Fig. 1—4. Senkrechte Durchschnitte der Haut des Kopfes — *e.* Das Epithel, in welchem nur einzelne Kolbenzellen (Fig. 1) angedeutet und einige sog. »Geschmackzellen» gefärbt sind; in Fig. 2 sind die äusseren Schichten polygonaler Zellen angedeutet; in Fig. 3 sind zwei solche Zellen gefärbt und zwei Kolbenzellen durch Contouren angegeben; — *c* die Cutis. In allen vier Figuren sieht man zahlreiche, feine, schwarz gefärbte Nervenfasern durch die Cutis emporsteigen und beim Uebergang ins Epithel umbiegen und sich reichlich verästeln; die Aeste steigen ins Epithel meistentheils hoch empor, verästeln sich hier und da und laufen stets interzellulär mit freien Enden aus, erreichen aber nicht die eigentliche Oberfläche des Epithels. Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gez.

Fig. 5. Ein ebensolches Präparat aus der Haut der Schwanzgegend. Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (halb ausgezog. Tubus) gezeichnet.

Fig. 6. Senkrechter Durchschnitt aus der Haut der Mundhöhle des Thieres — *ep* Epithelschicht mit Nervenfasern, welche aus der Bindegewebsschicht hineindringen. — *hs* Hornzahnplatte — ep^1 äussere Epithelschicht. Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet.

Fig. 1.

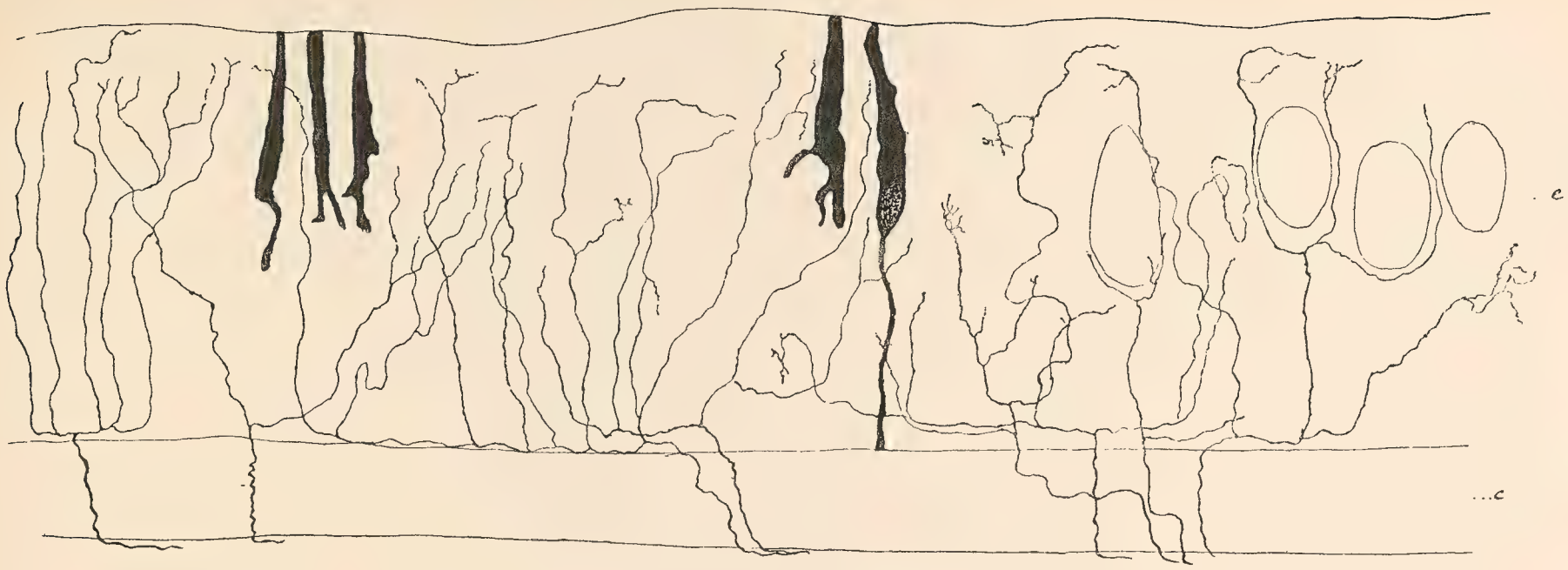


Fig. 2.

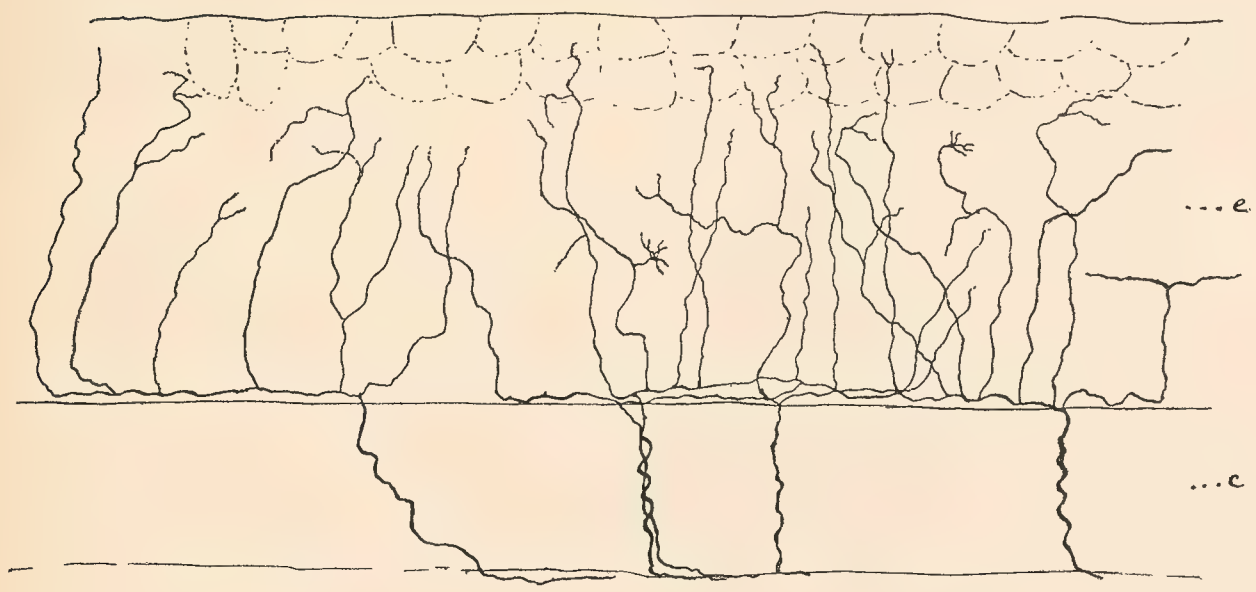


Fig. 3.

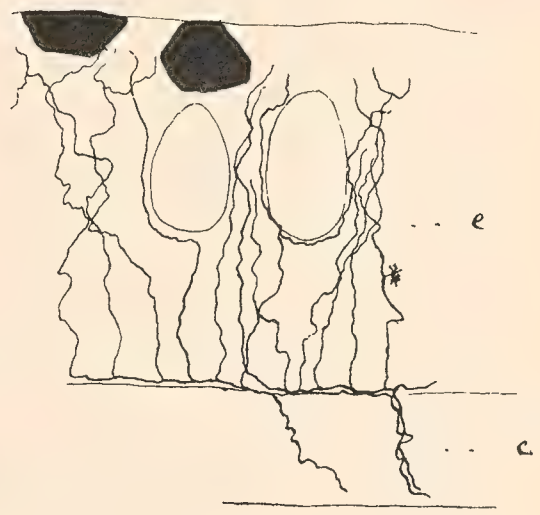


Fig. 4.

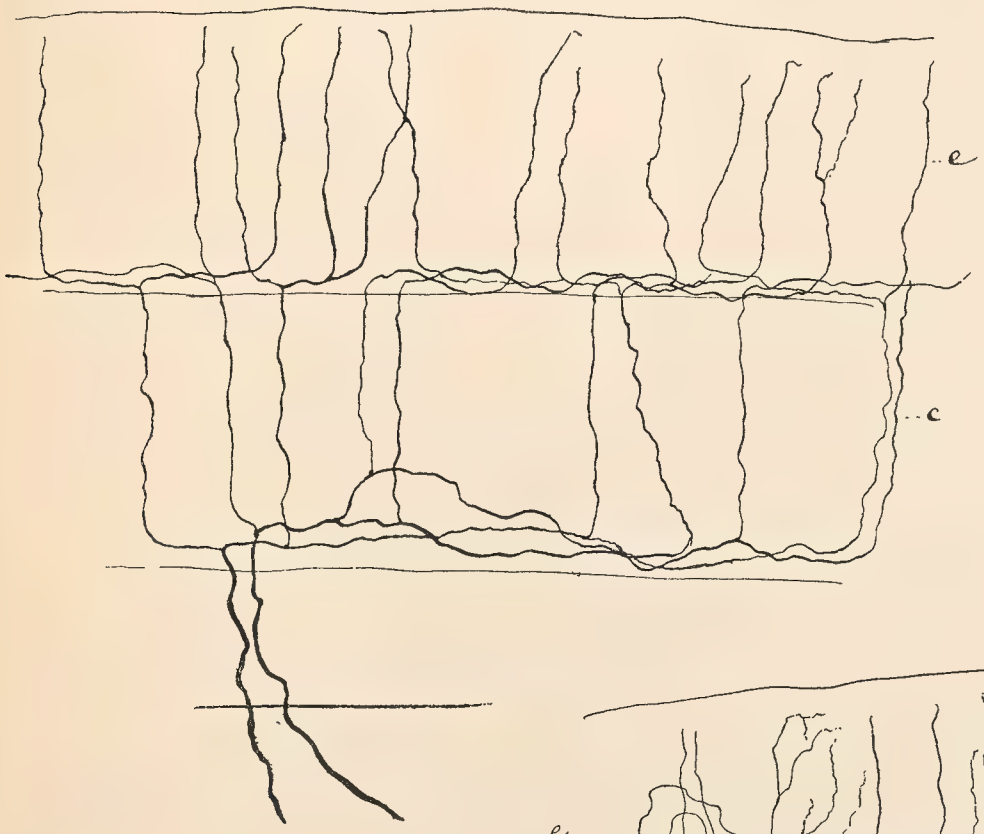


Fig. 6.

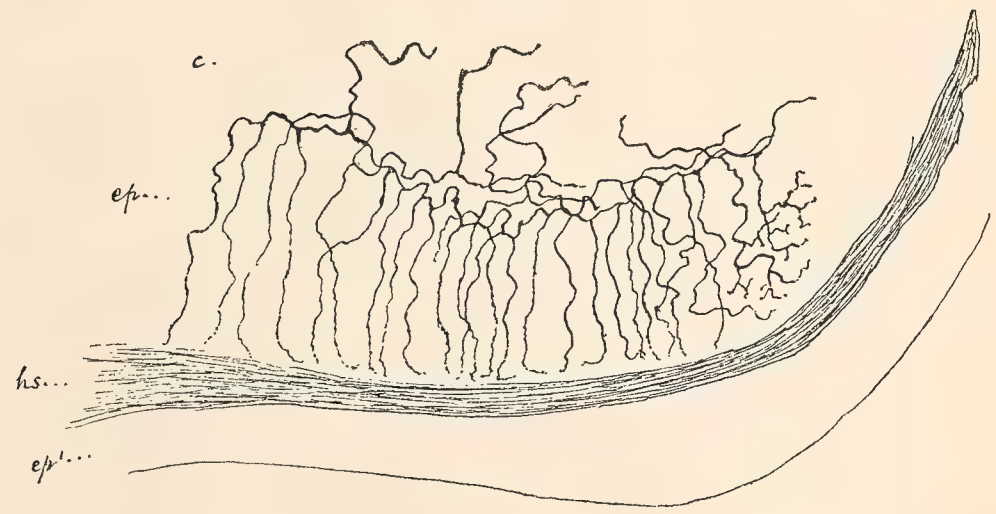
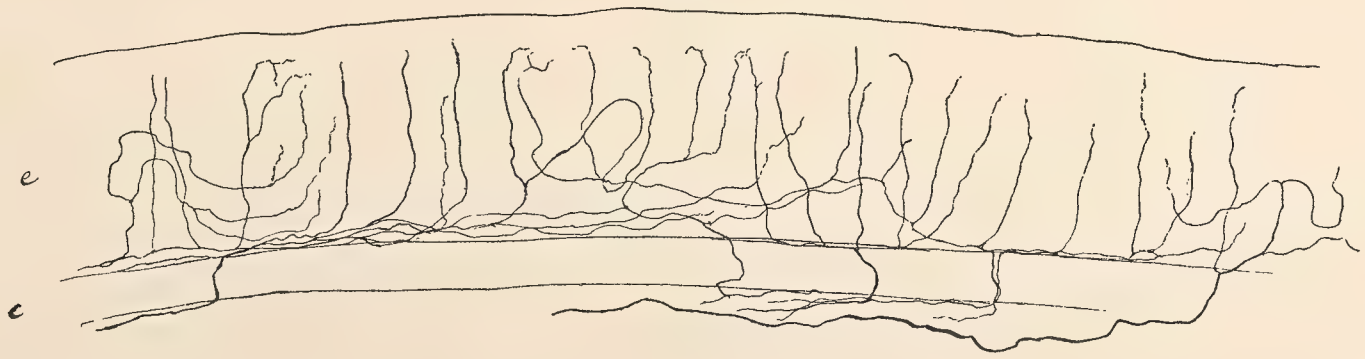


Fig. 5.



Gez. v. Gustaf Retzius. Typogr. Central-Tryckeriet. Autotypi v. J. Cederquist.

Tafel XIV.

Motorische Nervenendigungen der Würmer, der Crustaceen und des Amphioxus.

Methylenblaufärbung.

Fig. 1—3. Muskellamellen mit motorischen Nervenfasern von Nereis. Fig. 1 aus des Muskelschicht des Schlundes; Fig. 2 aus der dorsalen Längsfaserschicht des Körpers; Fig. 3 aus der ventralen Querfaserschicht in der Nähe des Bauchstrangs, von welchem her die Nervenfasern verfolgt werden konnten; an ihnen war je ein ovaler Kern sichtbar, welcher aller Wahrscheinlichkeit nach der Scheide der Fasern angehörte. Fig. 1 u. 2 bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus). Fig. 3 bei Vér. Obj. 7 u. Ocul 3 (eingesch. Tubus) gezeichnet.

Fig. 4. Nervenendigungen aus der Längsmuskelschicht von *Glycera*. Gez. bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 5. Partie von Muskelfasern der Thoraxgegend des *Astacus* mit einer Nervenfaser, welche sich zwischen den Fasern verzweigt und an ihnen endigt. Gez. bei Vér. Obj. 4 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 6 und 7. Zwei Partien von Muskelfasern des *Palæmon*, aus dem Abdomen (Fig. 6 aus einem Appendix), mit Nervenfasern, welche nach der Abgabe der kernführenden Myelinscheide sich verzweigen und mit scheibenförmigen Ausbreitungen an den Muskelfasern endigen. Gez. bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 8 und 9. Partien von Muskelfasern des *Amphioxus*, von der Seite des Thieres, mit motorischen Nervenfasern. Gez. bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 1

Fig. 2

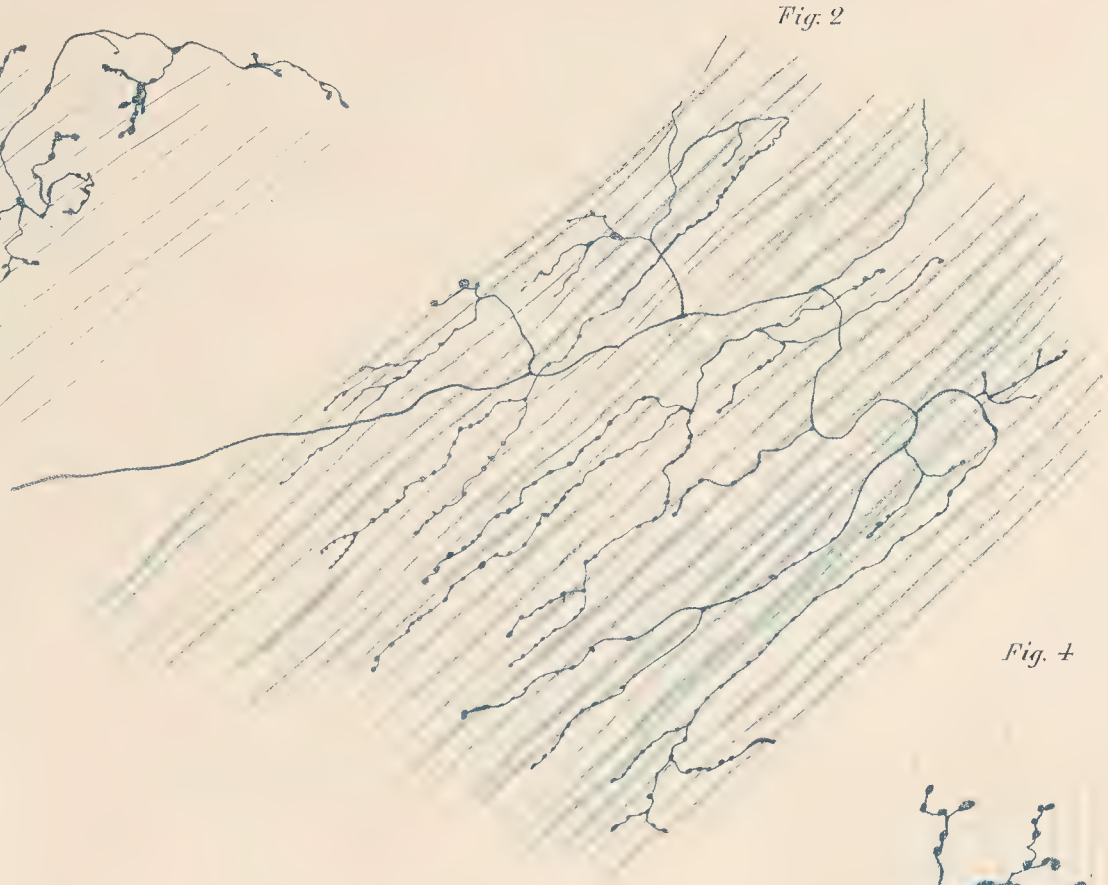


Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

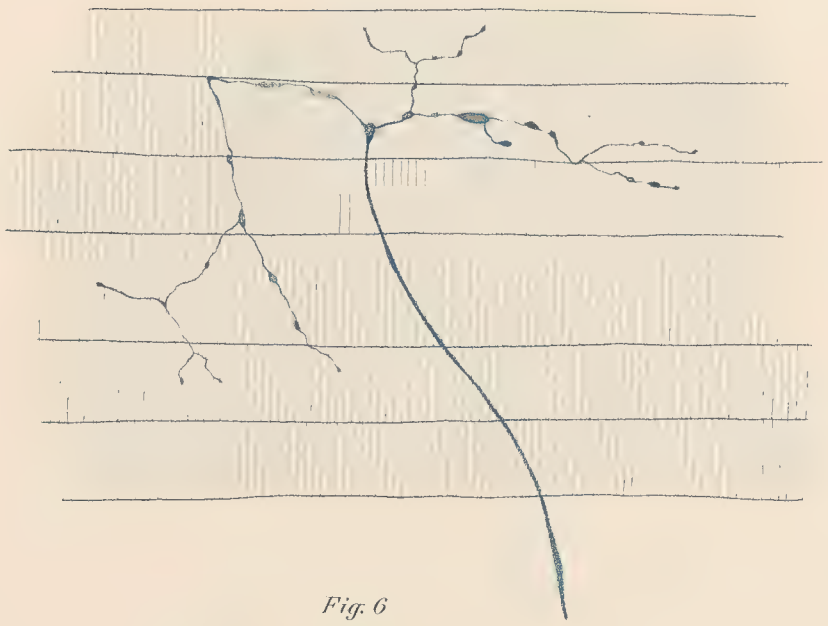


Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

Gez. v. Gustaf Retzius. G. Tholander, lith. W. Schlachter, Stockholm.

Tafel XV.

Motorische Nervenendigung von Myxine, Raja, Acanthias und Gobius.

Methylenblaufärbung.

Fig. 1—5. Motorische Nervenendigungen von *Myxine glutinosa.* — *Fig. 1.* Partie der seitlichen Körpermuskulatur mit den Enden der Muskelfasern, welche an dem Bindegewebssepiment anstossen, in dem die Nervenfasern verlaufen und ihre Aeste zu den Muskelfaserenden entsenden, wo sie in wechselnder Weise sich verzweigen und endigen. Gez. bei Vér. Obj. 2 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus). — *Fig. 2.* Partie eines rothen Muskels an der Schädelbasis, mit Nervenendigung, Gez. bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus). — *Fig. 3.* Partie des Muskels des Caudalherzens, mit Nervenendigungen. Gez. bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus). — *Fig. 4.* Partie der Schlundmuskulatur mit Nervenendigungen. Gez. bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus). — *Fig. 5.* Partie der Kopfmuskulatur, mit Nervenendigungen. Gez. bei Vér. Obj. 2 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus).

Fig. 6 und 7. Partien der seitlichen Körpermuskulatur von *Raja clavata* mit Nervenfasern und Nervenendigungen. Gez. bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (eingeschob. Tubus).

Fig. 8 und 9. Partien der Körpermuskulatur von *Acanthias vulgaris.* Fig. 8 aus der dorsalen, Fig. 9 aus der ventralen Gegend, mit Nervenendigungen. Gez. bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 10. Partie der Körpermuskulatur aus der Gegend der Seitenlinie von *Gobius Ruthensparri,* mit Nervenfasern und Nervenendigungen. Gez. bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 2

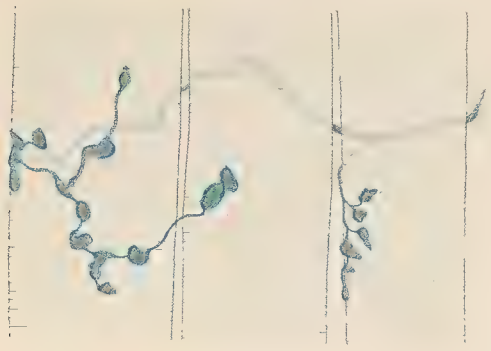
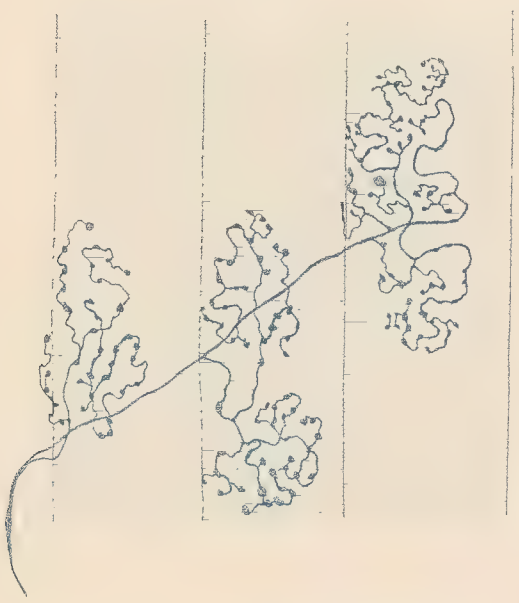


Fig. 1

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5



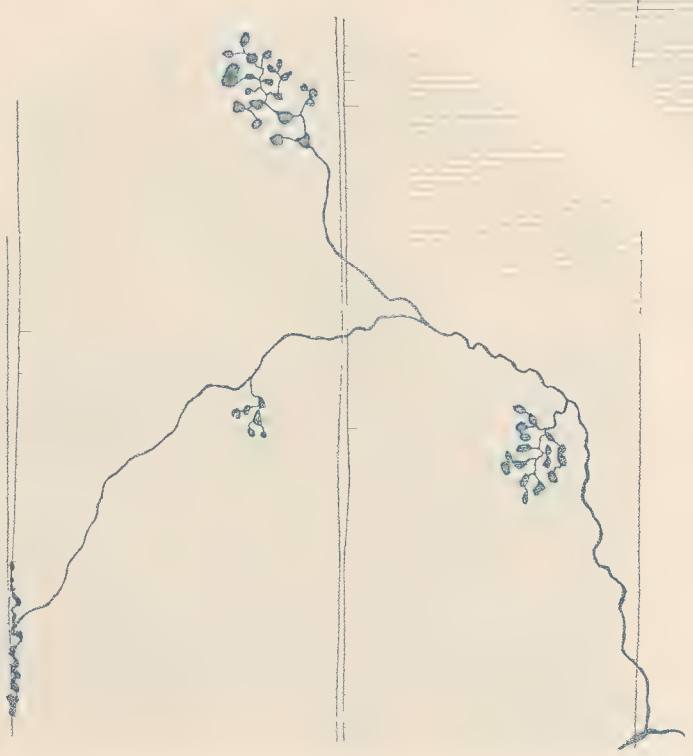


Fig. 6

Fig. 8

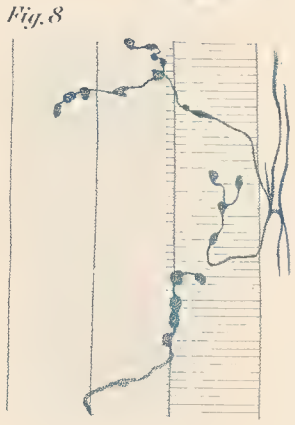
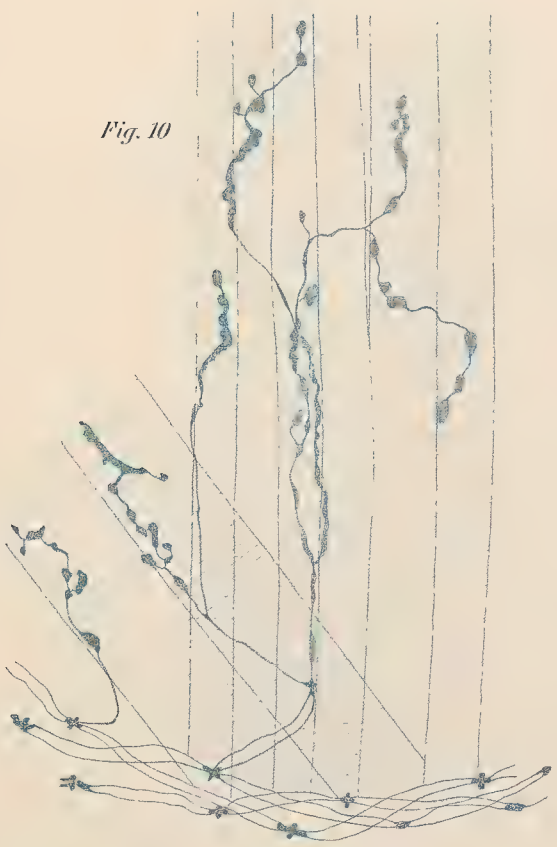


Fig. 10



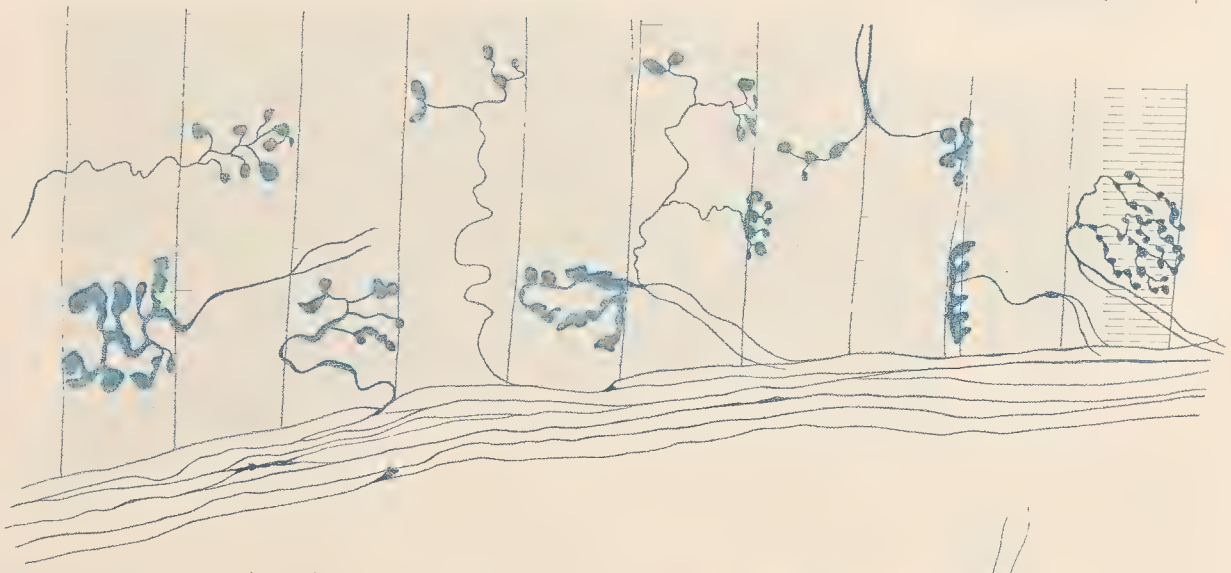


Fig. 9

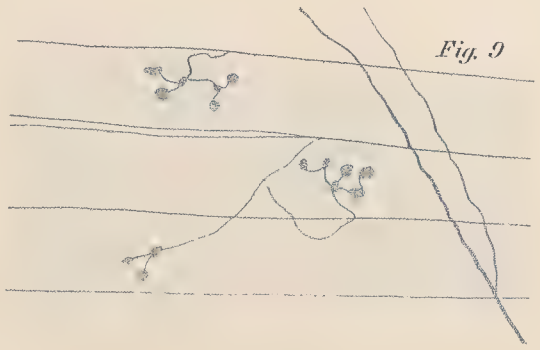
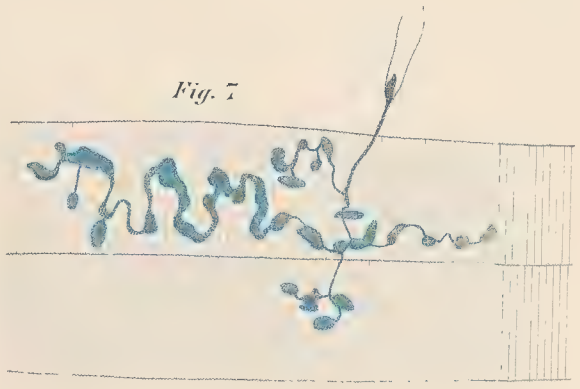


Fig. 7



Tafel XVI.

Motorische Nervenendigungen von Proteus und Rana.

Methylenblaufärbung.

Fig. 1—3. Motorische Nervenendigungen von *Proteus*. Die Querstreifung der Muskelfasern ist, wie in den übrigen Figuren, nur in einfacher Weise angedeutet. Fig. 1 und 2 sind bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus), die Fig. 3 bei Winkel's Imm. Obj. $\frac{1}{24}$ u. Ocul. 3 gezeichnet. Das Präp. d. Fig. 3 war mit pikrins. Ammoniak fixirt.

Fig. 4—7. Motorische Nervenendigungen aus der Brusthautmuskel von *Rana temporaria*. Fig. 4 bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (eingeschob. Tubus), Fig. 5—7 bei Winkel's Imm. Obj. $\frac{1}{24}$ u. Ocul. 3 (eingeschob. Tubus) gezeichnet. Die Präp. d. Fig. 5—7 waren mit pikrins. Ammoniak fixirt.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 5

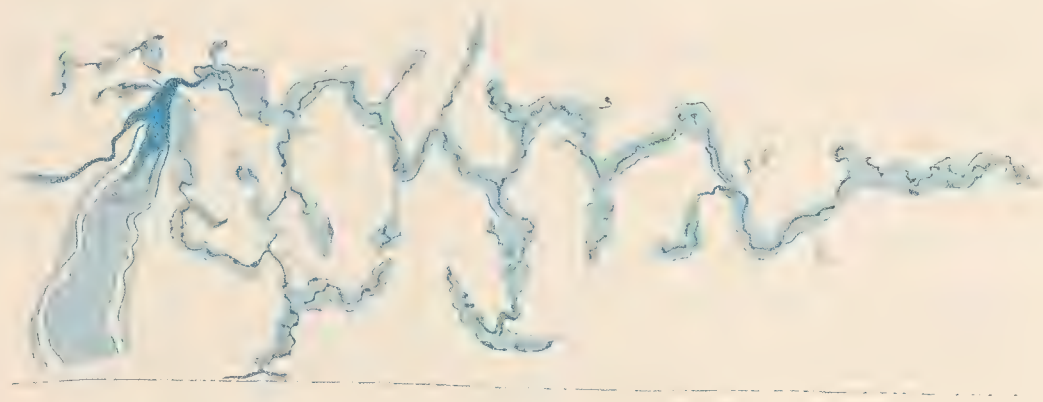


Fig. 3

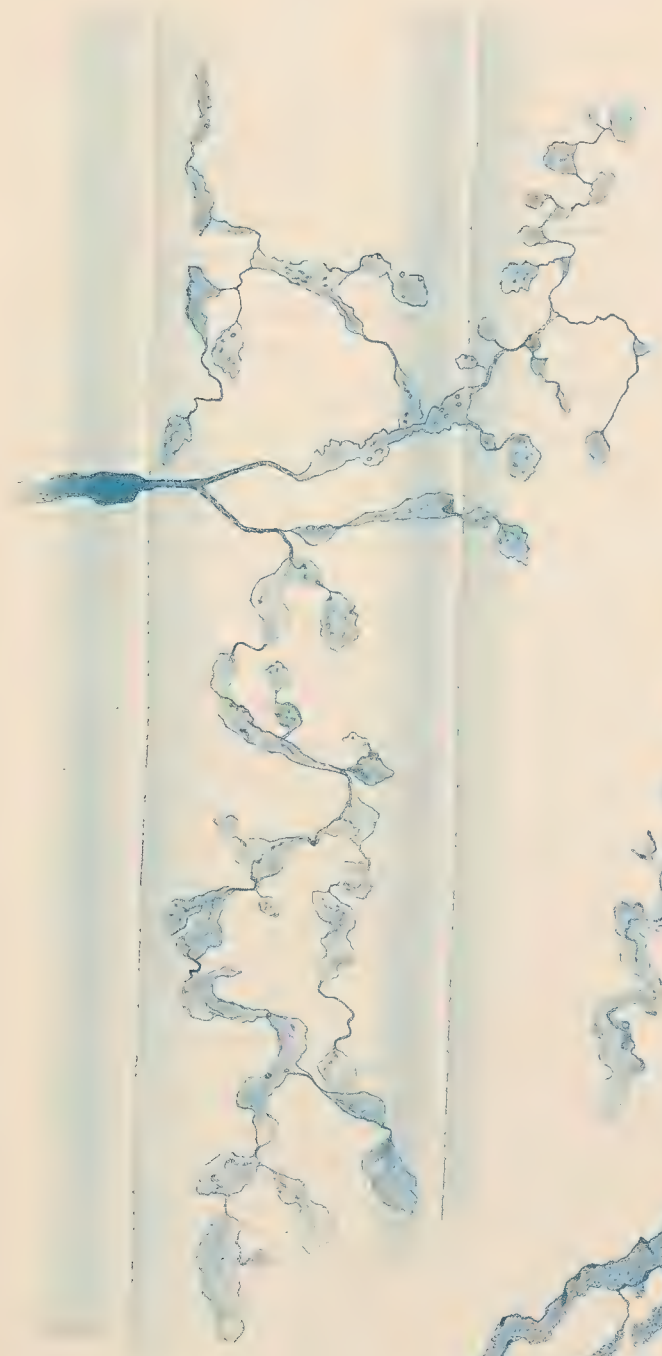


Fig. 6

Fig. 7

Fig. 4

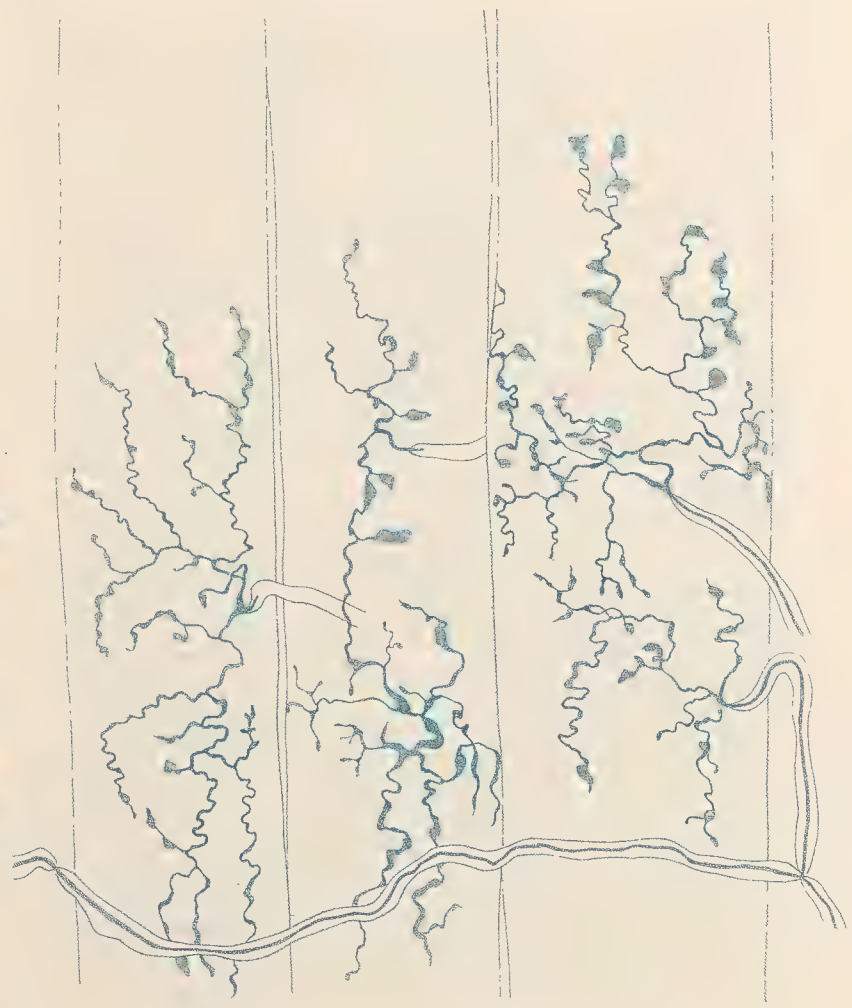


Fig. 1, 2, 4 gez. v. Gustaf Retzius; Fig. 3, 5, 6, 7 gez. v. Sigrid Andersson.

Th. W. Schlachter, Stockholm.

Tafel XVII.

Motorische Nervenendigungen von Rana.

Methylenblaufärbung.

Fig. 1—3. Motorische Nervenendigungen aus einem Bauchmuskel des Frosches. Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus) gezeichnet.

Fig. 4—10. Motorische Nervenendigungen aus den Augenmuskeln des Frosches. Fig. 4—6, 9, 10 bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus), Fig. 7, 8 bei Winkel's Imm. Obj. $\frac{1}{24}$ u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus) gezeichnet.

Fig. 1

Fig. 2

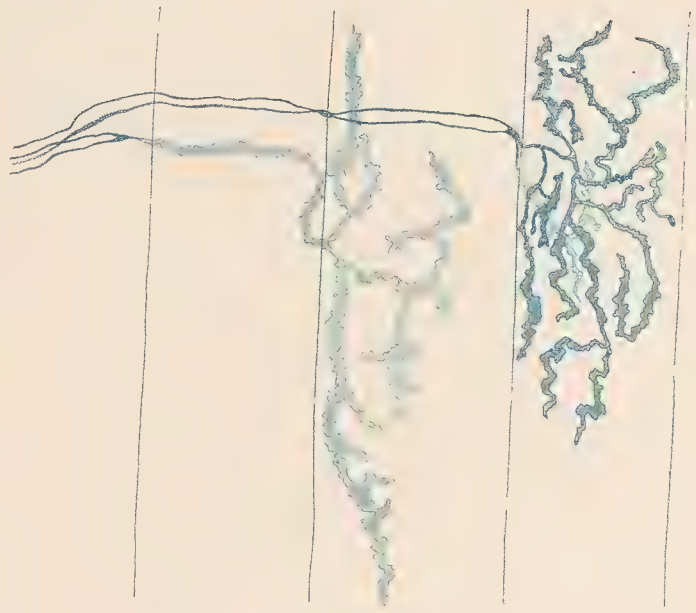


Fig. 6

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 8

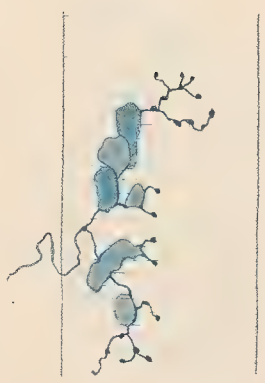


Fig. 7

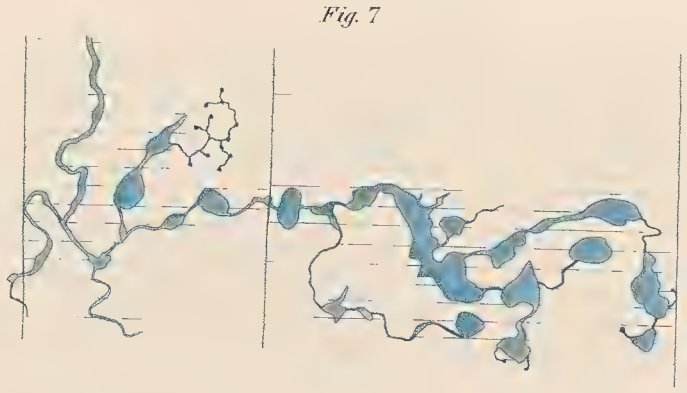


Fig. 9

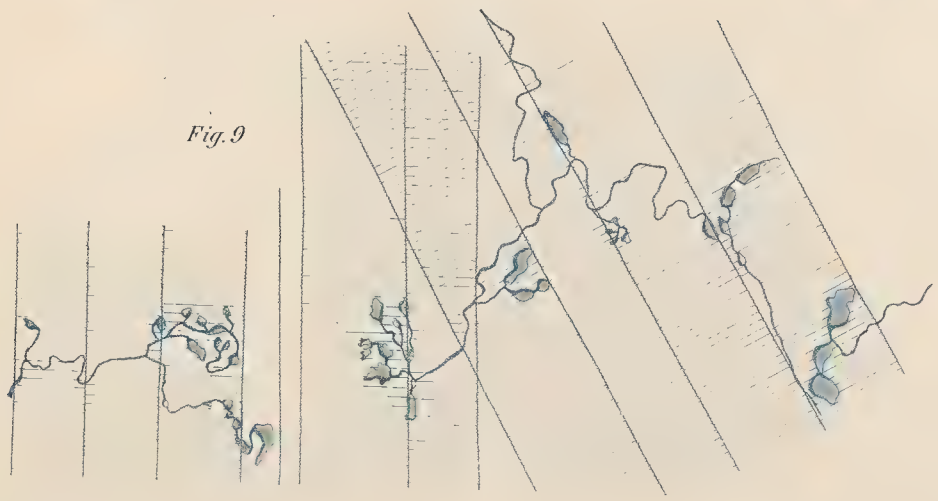


Fig. 10

Getz. v. Gustaf Retzius.

Lith. W. Schlachter, Stockholm.

Tafel XVIII.

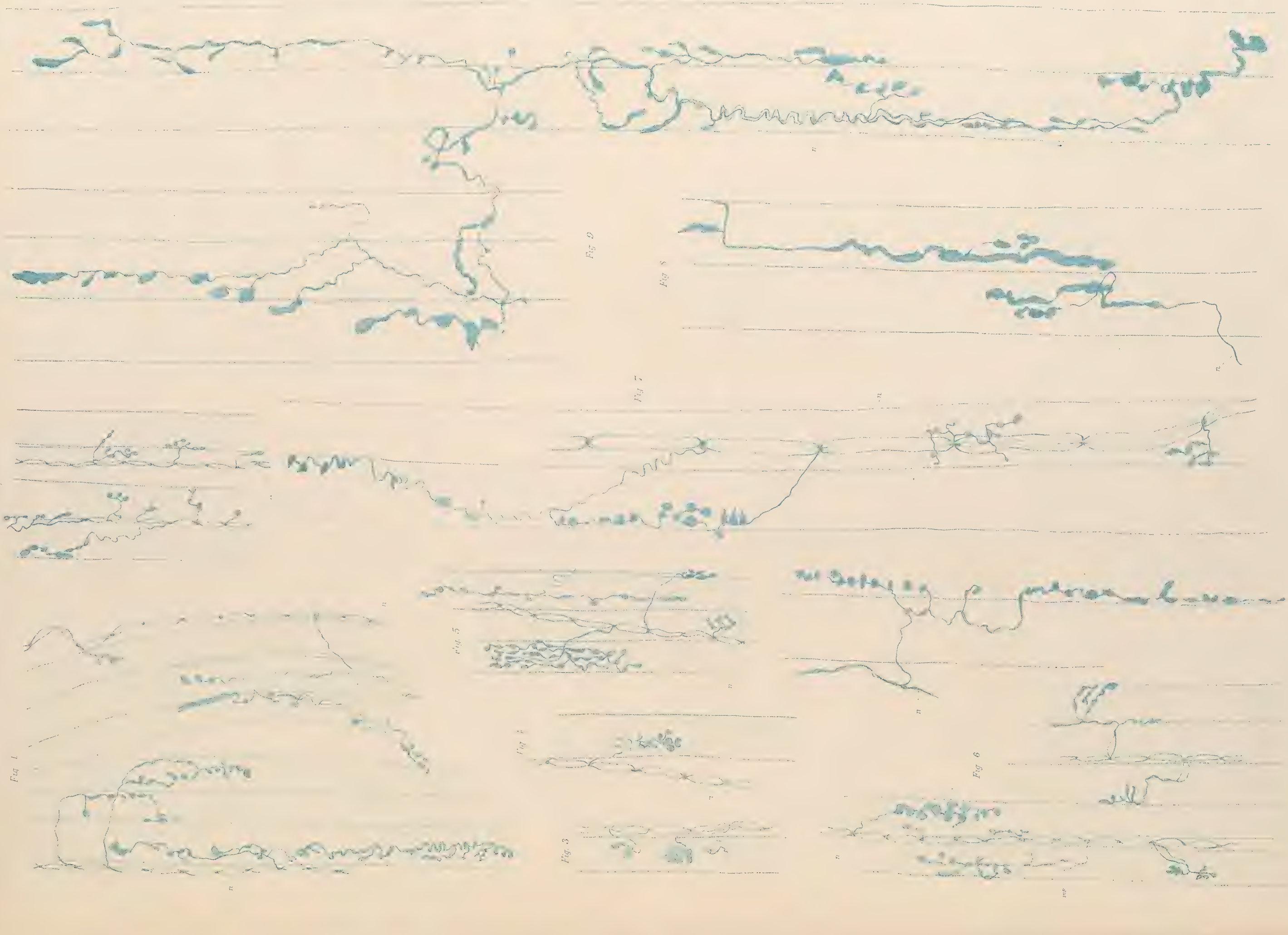
Motorische Nervenendigungen in den Augenmuskeln des erwachsenen Kaninchens.

Methylenblaufärbung.

Fig. 1—6 stellen verschiedene Formen von Endverästelungen dar; — *n* Nervenfasern, von denen einige mit Myelinscheide (*ms*) noch versehen sind, andere dieselbe abgegeben haben und als Endzweige aufzufassen sind. Gez. bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus).

Fig. 7—9. Ebensolche Endverästelungen bei stärkerer Vergrösserung. Gez. bei Winkel's Imm. Obj. $\frac{1}{24}$ u. Ocul. 3 (halb ausgezog. Tubus).

Pl. XVIII.



Lith. W. Schlachter Stockholm.

Tafel XIX.

Gefässnervenplexus an den Arterien der Choroidea des Kaninchens.

Methylenblaufärbung (Fixirung mit pikrins. Ammoniak).

Fig. 1—3. Periarterielle Nervenplexus; die innerhalb derselben belegene Arterie ist nicht gefärbt. Bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (halb ausgezog. Tubus) gezeichnet.

Fig. 4—6. Periarterielle Nervenplexus mit Endigungen an den theilweise gefärbten Muskelzellen der Tunica muscularis der Arterien. Bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (halb ausgezog. Tubus) gezeichnet.

Fig. 7. Partie eines periarteriellen Plexus, bei Winkel's Imm. Obj. $\frac{1}{24}$ u. Ocul. 3 (halb ausgezog. Tubus) gez.

Fig. 8. Diese Fig., welche der Taf. beigefügt ist, stellt eine kleine Partie einer Arterie aus der Mundschleimhaut des *Frosches* dar, ohne Färbung der arteriellen Muskelzellen. Man sieht einige Nervenfasern sich der Arterie anlegen und in ein äusserst feines Büschel auslaufen. Bei Seibert's Imm. Obj. $\frac{1}{12}$ u. Ocul. 4 (eingesch. Tubus) gezeichnet.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig 5

Fig. 8

Fig. 6

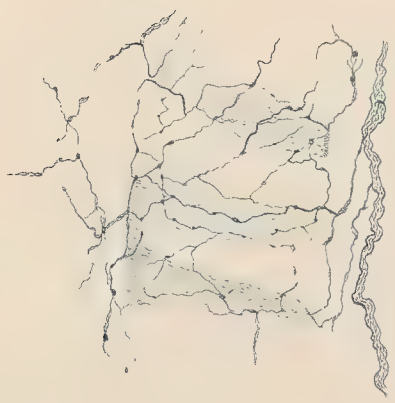


Fig. 7

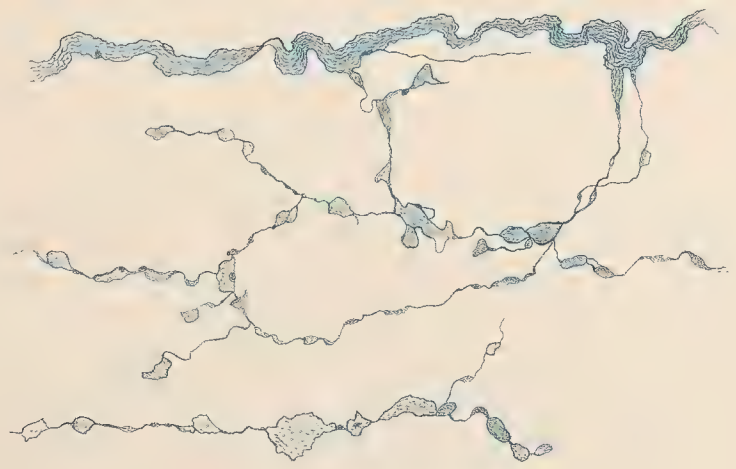


Fig. 1, 2, 3, 4, 6, 7 gez. v. Sigrid Andersson; Fig. 5, 8 gez. v. Gustaf Retzius. G. Tholanders lith.

W. Schlachter, Stockholm.

Tafel XX.

Die motorischen Nervenendigungen

in den quergestreiften Kopfmuskeln der Vögel, in der Zunge der Maus, im Herzen des Frosches und der Maus, ebenso wie in der glatten Muskulatur der Harnblase des Kaninchens.

Chrom-Osmium-Silberfärbung.

Fig. 1. Nervenfasern aus der Kopfmuskulatur eines 11-tägigen *Hühnchen*embryos, mit Endverzweigungen. (Die Muskelfasern sind nicht angegeben). Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus).

Fig. 2. Partie eines Kopfmuskels eines 10-tägigen Jungen von *Mus musculus,* mit motorischen Nervenfasern, deren Zweige in kurze Endbüschel (der Endplatten) auslaufen. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus).

Fig. 3. Partie der Muskulatur der Zunge eines 10-tägigen Jungen von *Mus musculus,* mit motorischen Nervenfasern, deren Zweige in kurze Endbüschel (der Endplatten) auslaufen. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus).

Fig. 4. Partie der Muskulatur der Zunge desselben *Mäusejungen* (wie derjenigen der Fig. 3), mit feineren Nervenfasern, deren Zweige in einfachere Endäste auslaufen. Die Querstreifung der Muskelfasern ist in den Fig. 2, 3 u. 4 nicht dargestellt. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus).

Fig. 5. Partie der Herzmuskulatur des *Frosches*, mit verzweigten Nervenfasern, deren Aeste mit wenig verästelten, freien Endigungen auslaufen. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus).

Fig. 6 und 7. Partie der Herzmuskulatur einer 11-tägigen *Maus,* mit Nervenfasern, deren Aeste mit spärlicher Verzweigung frei auslaufen. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus). Die Querstreifung der Muskelfasern ist nicht dargestellt.

Fig. 8—10. Partie der glatten Muskulatur der Harnblase eines 9-tägigen *Kaninchens,* mit Nervenfasern, welche verästelt und frei auslaufen. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus).

Fig. 1.

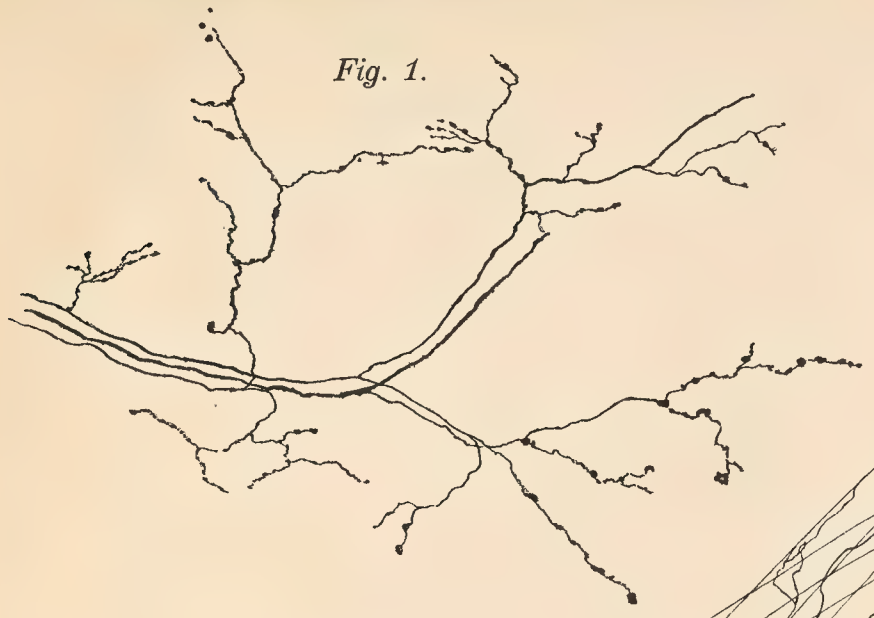


Fig. 2.

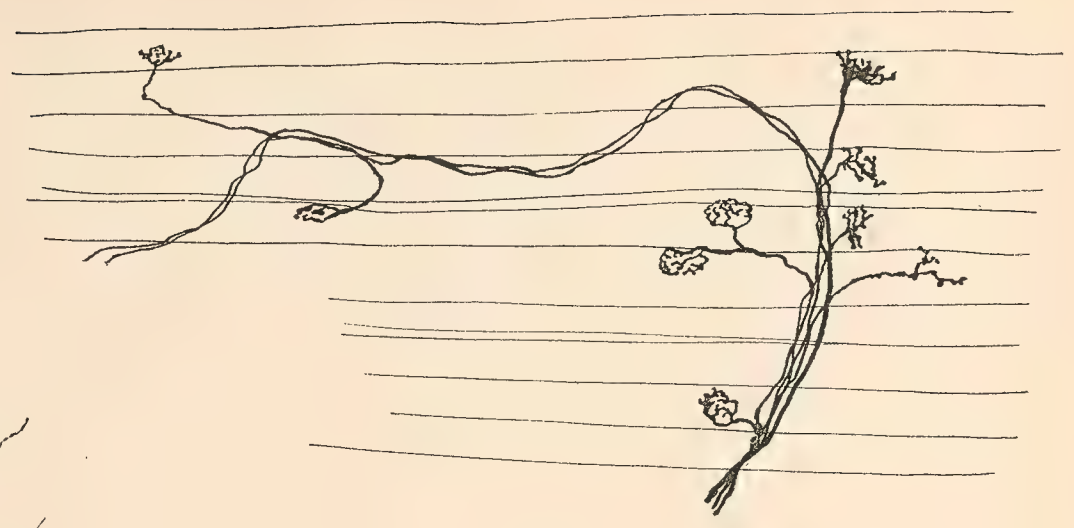


Fig. 3.

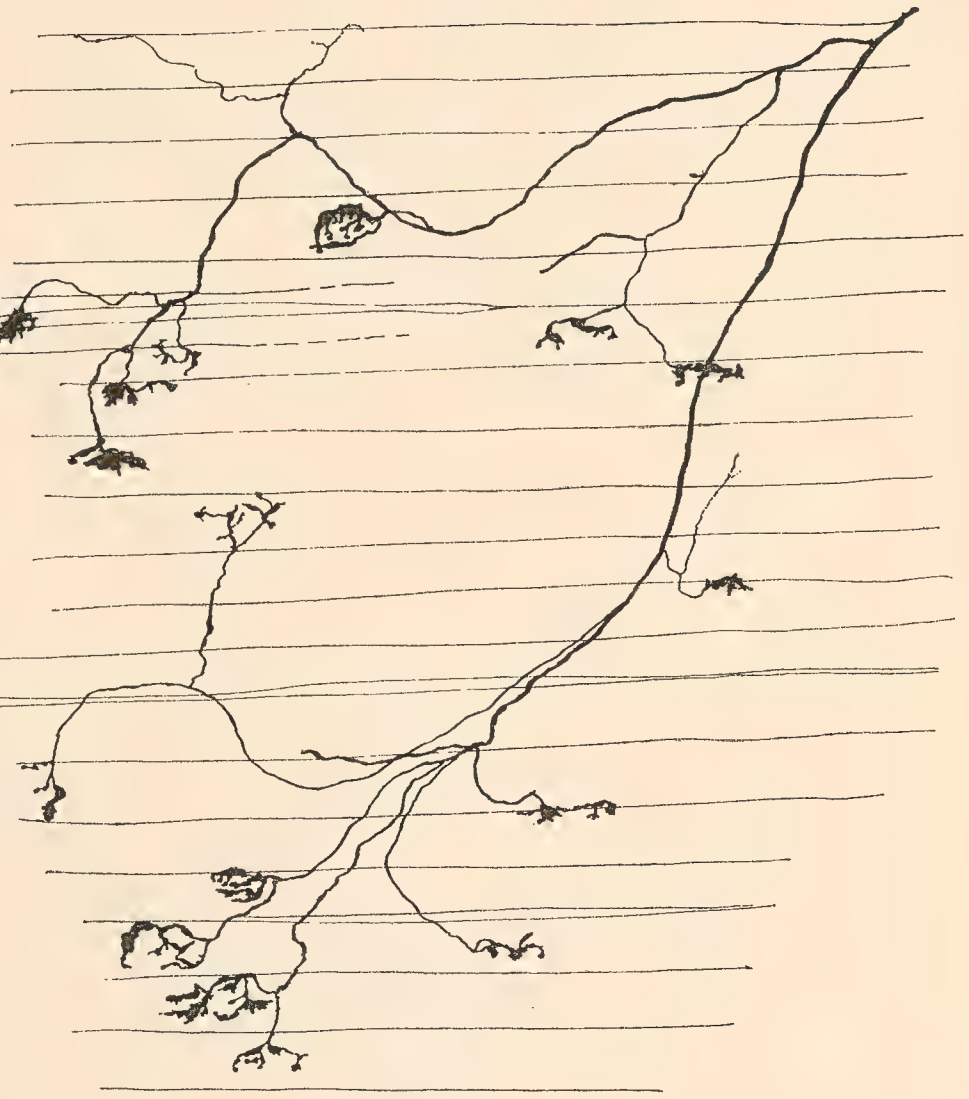


Fig. 4.

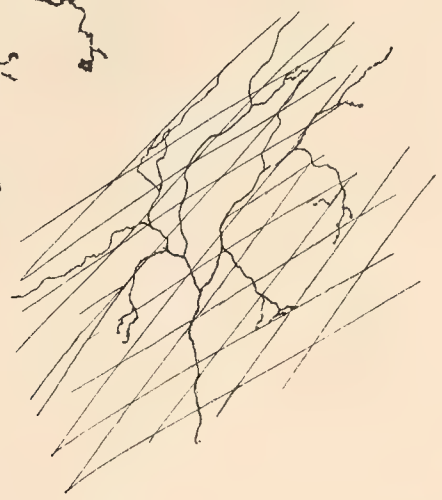


Fig. 5.

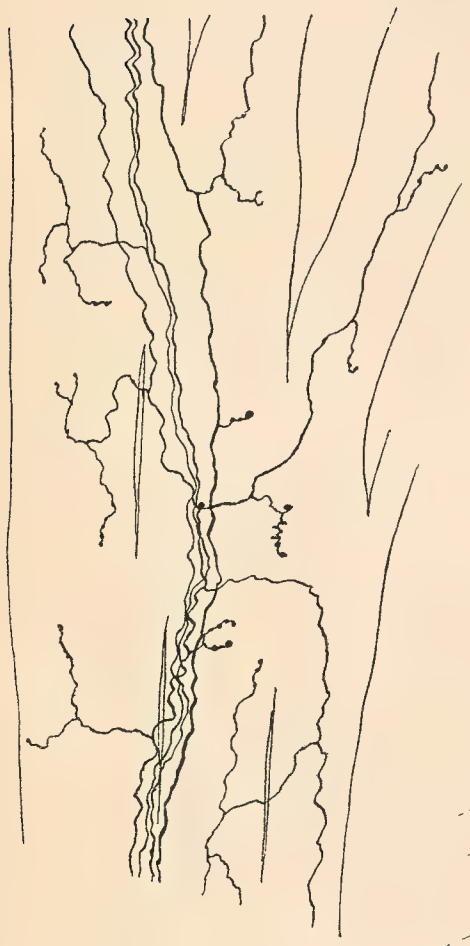


Fig. 6.

Fig. 7.

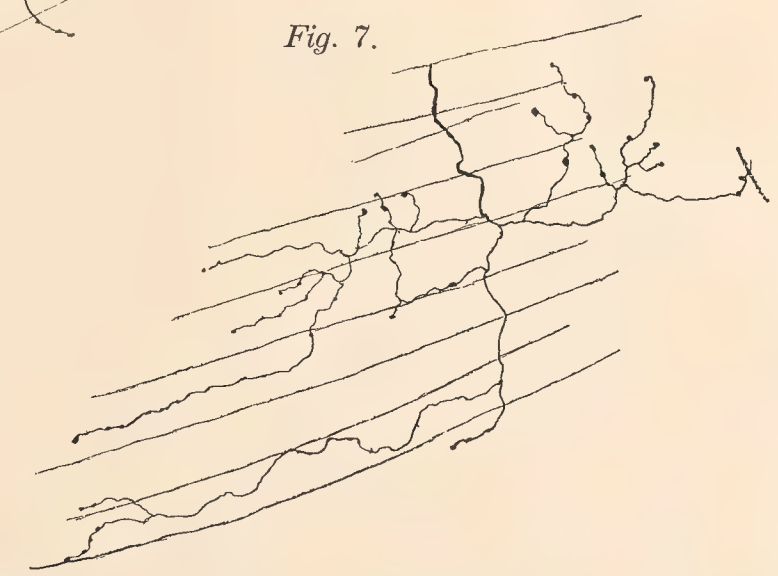


Fig. 8.

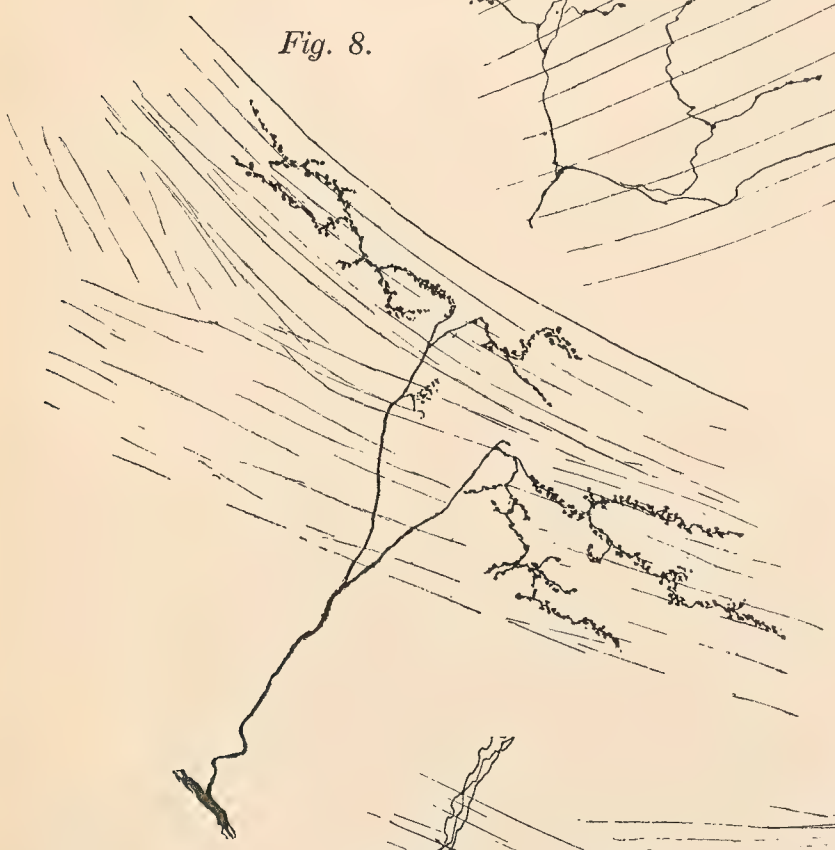


Fig. 9.

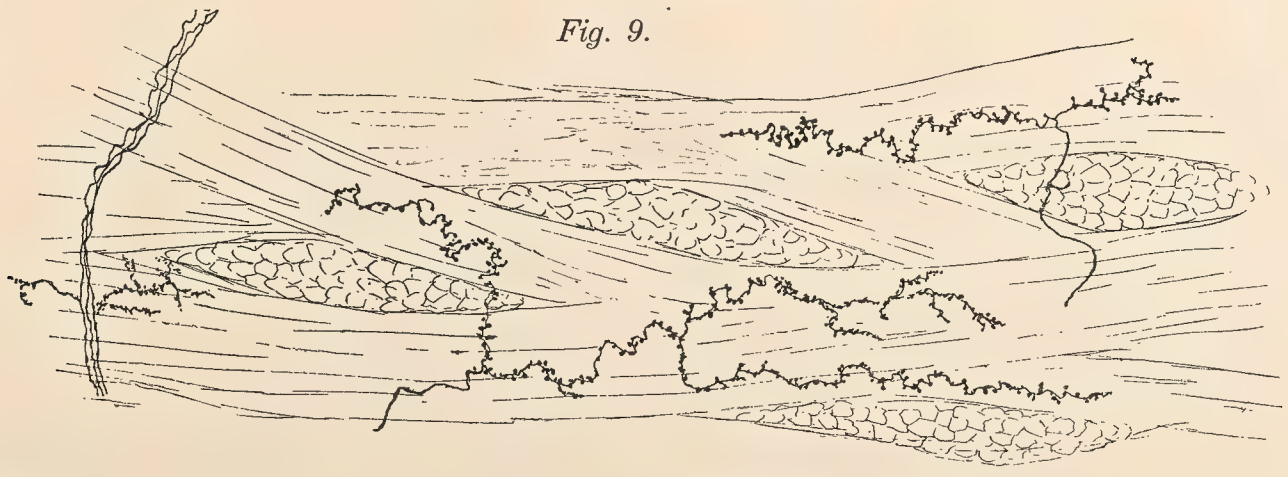
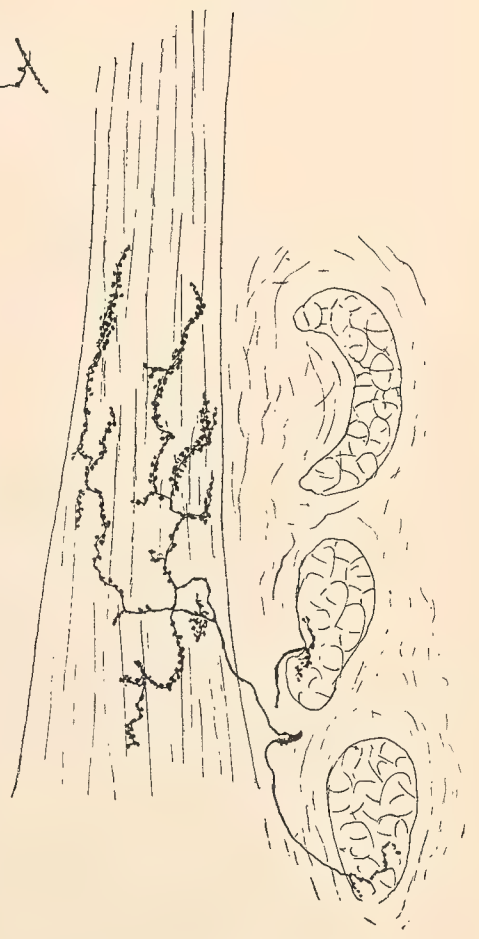


Fig. 10.



Gez. v. Gustaf Retzius.

Typogr. Central-Tryckeriet.

Autotypi v. J. Cederquist.

Tafel XXI.

Die Nerven der Milz.

Chrom-Osmium-Silberfärbung.

Alle drei Figuren rühren von Präparaten aus der Milz eines 7-tägigen *Kaninchen*jungen her.

Fig. 1. Aus einem senkrechten Querschnitt der Milz. Eine Arterie (*a*) mit dicht umstrickenden, verästelten, frei endigenden Nervenfäserchen, welche sich aus den neben der Arterie verlaufenden Faserbündeln abzweigen. Diese Bündel stammen aus dem etwas entfernter davon verlaufenden Nervenzweig (*nz*) her, welcher an der Grenze der Pulpasubstanz (*p*, in der Figur durch Punktirung angedeutet) zieht. Der breite weisse Raum um die Arterie entspricht der Malpighischen Körpersubstanz. An drei Stellen laufen breit büschelförmig verästelte Nervenzweige in die Pulpasubstanz ein. Rechts — unten — (*q*) sieht man den Querschnitt einer von Nervenfäserchen umgebenen Arterie. Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (halbausgezog. Tubus) gezeichnet.

Fig. 2. Ein Arterienzweig (*a*), deren Querschnitt unten bei *q* sichtbar ist, zieht, von einem Nervenast (*nz*) begleitet und von den Aesten desselben umsponnen, in der weissen Malpighischen Körpersubstanz hervor; — *p* die durch Punktirung angedeutete Grenzpartie der Pulpasubstanz, in welche ein reichlich verästelter Nervenzweig hineintritt. Die Vergröss. wie in Fig. 1.

Fig. 3. Ein verästelter Arterienzweig (*a*) von Nervenfäserchen umsponnen; in der Arterie hat sich der Inhalt in einer Strecke schwarz gefärbt — *p* die punktirte Grenzzone der Pulpasubstanz, nach innen davon die weiss dargestellte Malphighische Körpersubstanz. Die Vergröss. wie in Fig. 1.

Fig. 1.

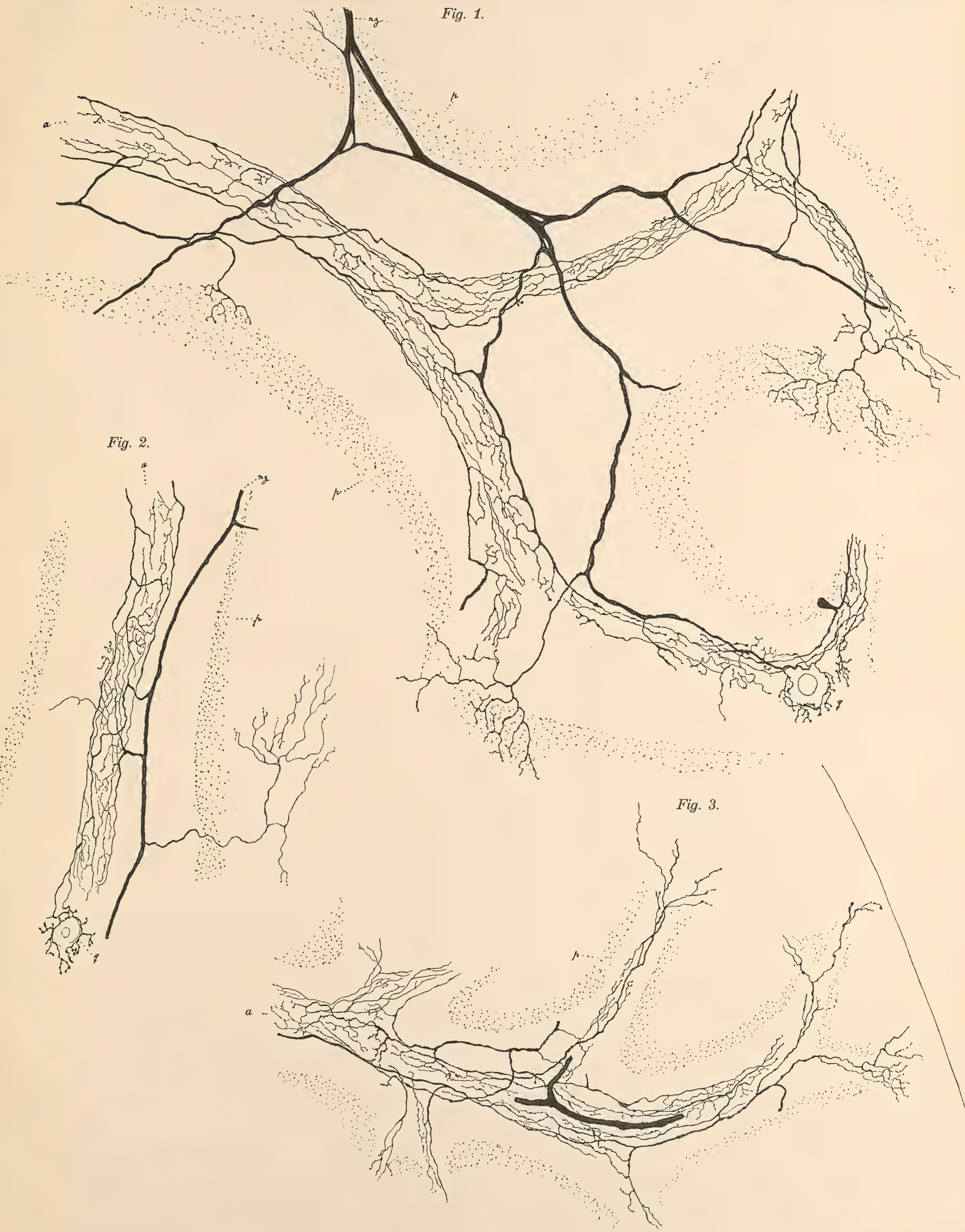


Fig. 2.

Fig. 3.

Gez. v. Gustaf Retzius. Typogr. Central-Tryckeriet. Autotypi v. J. Cederquist.

Tafel XXII.

Drüsengangsendigungen und Nervenfasern der Speicheldrüsen des Mundes.

Chrom-Osmium-Silberfärbung.

Fig. 1—7. Die Endigungen der Drüsengänge in der *Submaxillardrüse* des *Hundes.* Die Gianuzzi'schen Lunulæ sind punktirt. Man sieht die Enden der Drüsengänge in die Lunulæ hineindringen und sich in ihnen verzweigen. In *Fig. 4* (unten), *Fig. 5* (unten), *Fig. 7* sind solche Endverzweigungen der Drüsengänge von oben (in Flächenansicht) gesehen. In *Fig. 3* sind ausserdem Nervenfasern dargestellt. Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet.

Fig. 8—10. Partie der *Submaxillardrüse* des *Hundes,* theils mit Alveolen (Fig. 8, 9), theils mit Drüsengängen (Fig. 9 *dg,* 10), an welchen schwarz gefärbte Stücke der Nervenplexus (*n*) und von ihnen auslaufende, feine Nervenfäserchen sichtbar sind. Gez. bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus).

Fig. 11. Randpartie eines *Drüschens aus der Zunge des Kaninchens,* mit umspinnenden Nervenfäserchen. Bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet.

Fig. 12. Partie vom Inneren der *Submaxillardrüse* des *Kaninchens*, mit Alveolen und Drüsengang (*dg*); rechts davon liegt ein kleines Ganglion (*g*) mit einigen gefärbten multipolaren Zellen — *n* Nervenfaserbündel — *bl* Blutgefäss mit umspinnenden und endenden Nervenfasern. An den Alveolen, in welchen man nur theilweise gefärbte Drüsengangsendigungen sieht, sind reichliche Nervenfaserverästelungen vorhanden, von welchen frei endende Fäserchen auslaufen. Bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingeschob. Tubus) gezeichnet.

Fig. 13—17. Partien von *Zungendrüschen* des *Kaninchens*, mit gefärbten Drüsengangsendigungen. Fig. 13, 15—17 bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus), Fig. 14 bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingesch. Tubus) gezeichnet. Aus dünnen Schnitten abgebildet.

Fig. 1

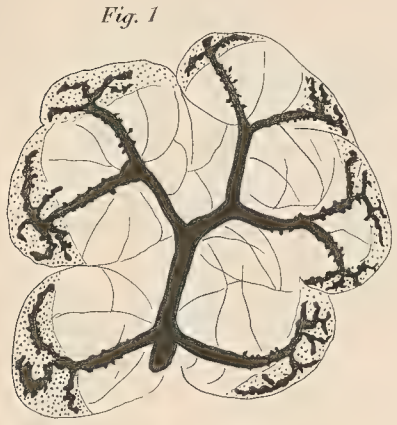


Fig. 2

Fig. 3

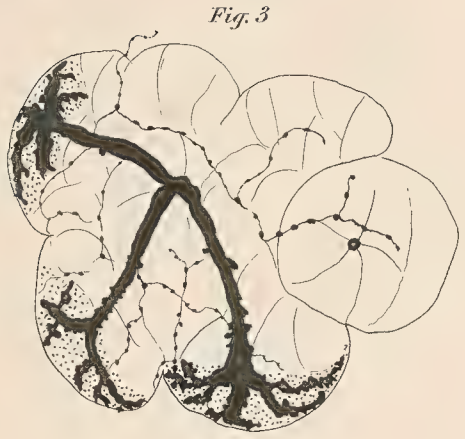


Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8

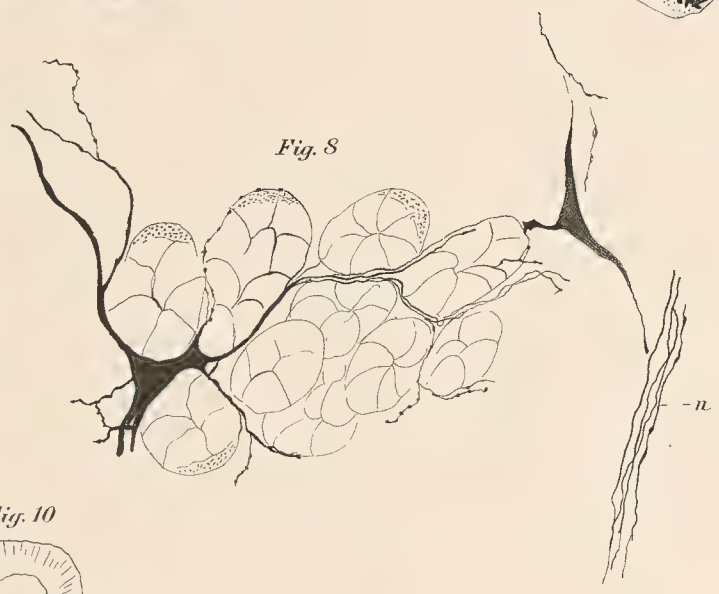


Fig. 9

Fig. 10

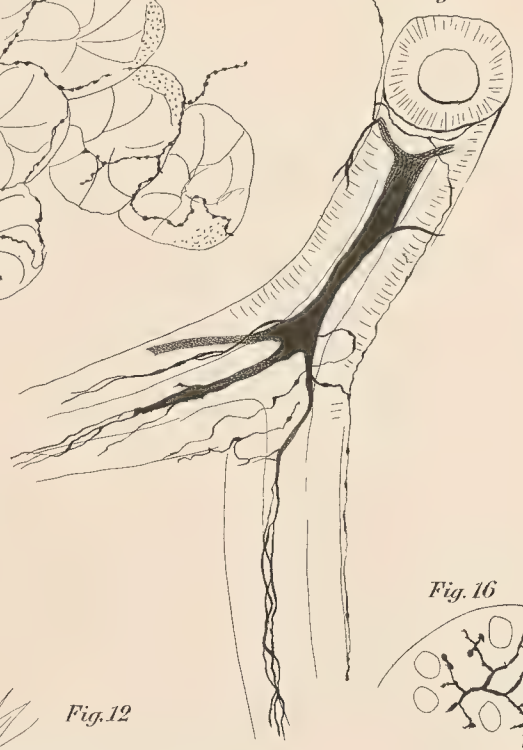


Fig. 11

Fig. 12

Fig. 13

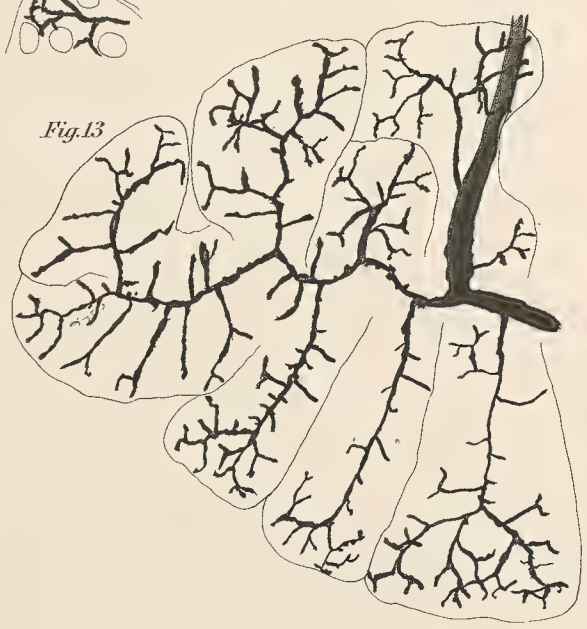


Fig. 14

Fig. 15

Fig. 16

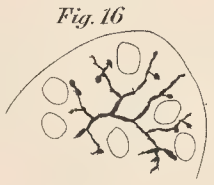


Fig. 17

Tafel XXIII.

Gallenkapillaren.

Chrom-Osmium-Silberfärbung.

Fig. 1—11. Gallenkapillaren aus der Leber der *Maus* (erwachsen. Thier). — Fig. 1—7 bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus), Fig. 8—11 bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet.

Fig. 12—13. Gallenkapillaren aus der Leber des erwachsenen *Hundes* bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet.

Fig. 14. Gallenkapillaren aus der Leber eines 6-monatlichen *menschlichen Embryos*. Die feinen Contourlinien bezeichnen die Grenzen der Leberzellenbalken. Bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet.

Fig. 15—17. Gallenkapillaren aus der Leber des *Hühnchenembryos*. Fig. 15 u. 16 vom 12-tägigen, Fig. 17 (mit Contouren der Leberzellenbalken) vom 14-tägigen Embryo; Fig. 15 u. 16 bei Vér. Obj. 6 u. Ocul. 3 (eingeschob. Tubus), Fig. 17 bei Vér. Obj. 7 u. Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet.

Fig. 1.

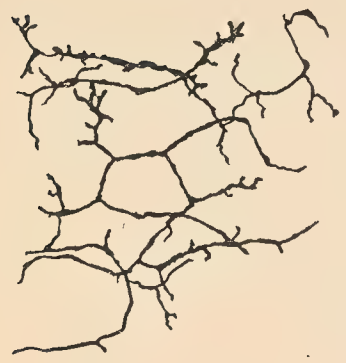


Fig. 2.

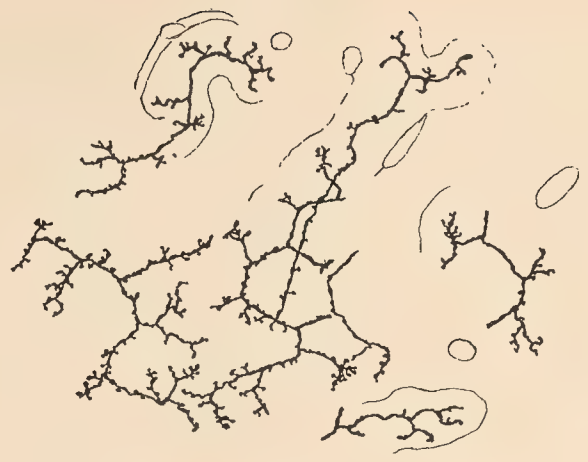


Fig. 3.

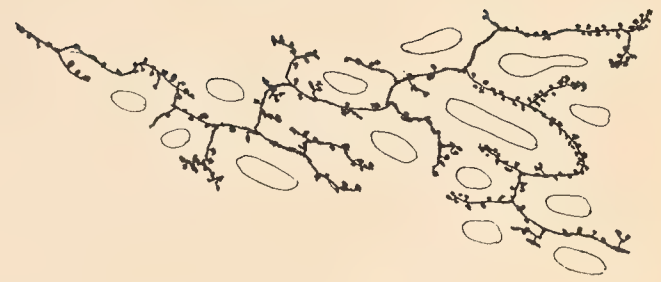


Fig. 4.

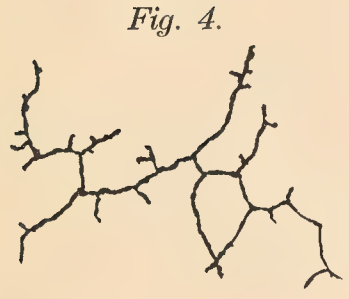


Fig. 5.

Fig 6.

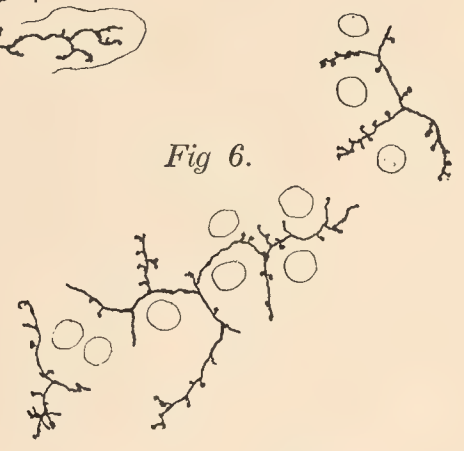


Fig. 7.

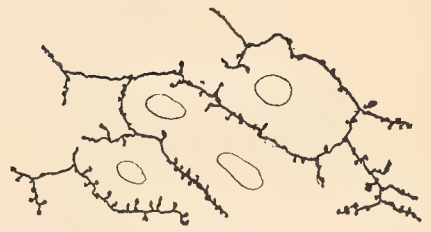


Fig. 8.

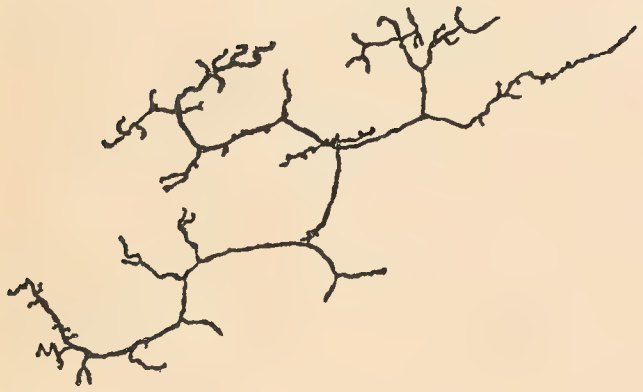


Fig. 9.

Fig. 10.

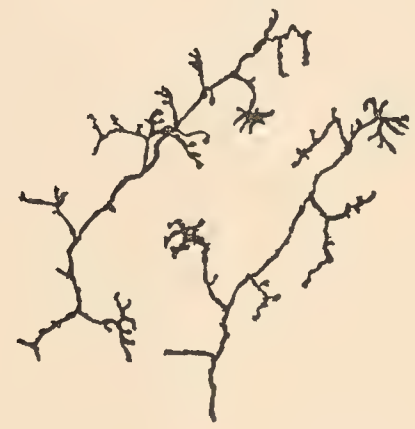


Fig. 11.

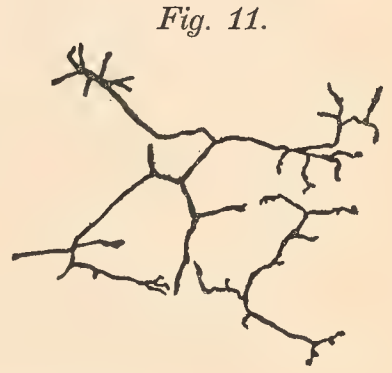


Fig. 12 a.

Fig. 12 b.

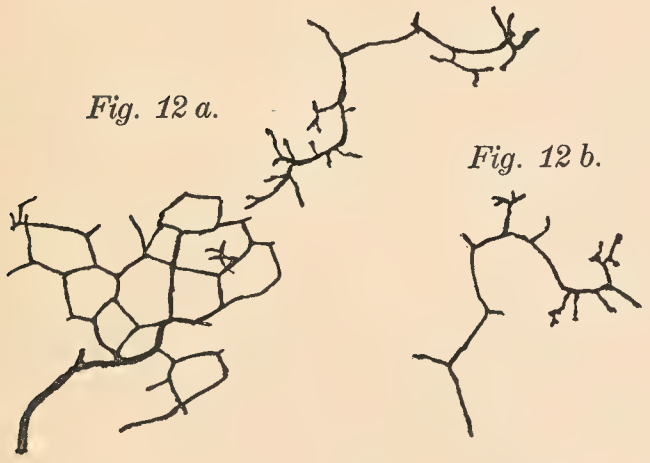


Fig. 13.

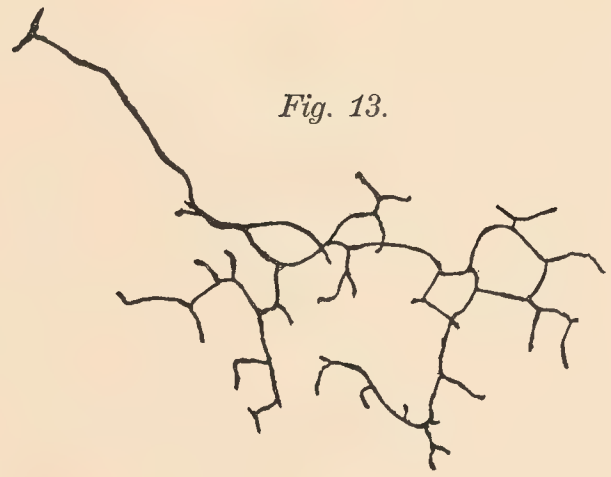


Fig. 14.

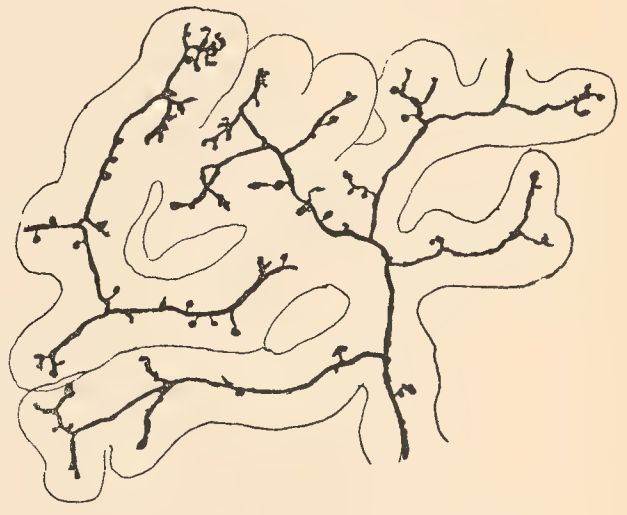


Fig. 15.

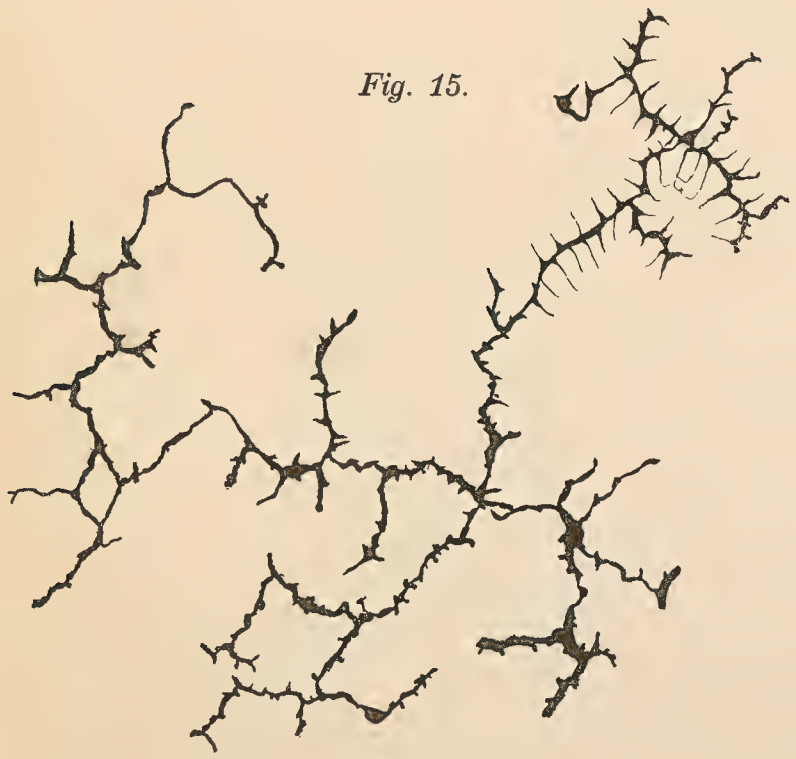
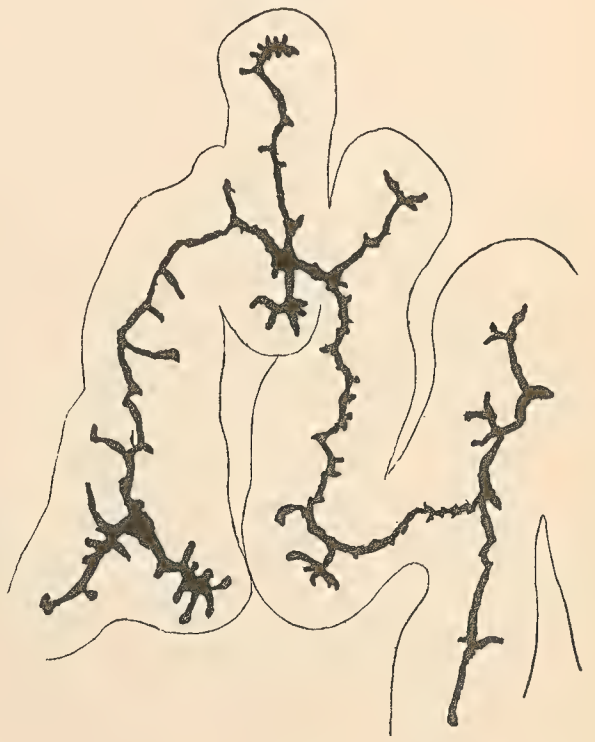


Fig. 16.

Fig. 17.



Gez. v. Gustaf Retzius.

Typogr. Central-Tryckeriet.

Autotypi v. J. Cederquist.

Durch ***Samson & Wallin*** *in Stockholm sind zu beziehen:*

Studien in der Anatomie
Des Nervensystems und des Bindegewebes

von

AXEL KEY und GUSTAF RETZIUS.

Erste Hälfte. Mit 39 Tafeln. Stockholm 1875. Preis: 160 Mark.
Zweite Hälfte, Erste Abtheilung. Mit 36 Tafeln. Stockholm 1876. Preis: 150 Mark.

ANATOMISCHE UNTERSUCHUNGEN

VON GUSTAF RETZIUS.

Erste Lieferung: Das Gehörorgan der Knochenfische. Mit 5 Tafeln. Stockholm 1872. Preis: 13 Mark.

FINSKA KRANIER

jemte några natur- och literaturstudier inom andra områden af finsk antropologi

af GUSTAF RETZIUS.

Mit vielen Holzschnitten und Tafeln. Stockholm 1878.
Preis: auf starkem Papier 50 Mark, auf schwächeren 36 Mark.

DAS GEHÖRORGAN DER WIRBELTHIERE

Morphologisch-histologische Studien

von **GUSTAF RETZIUS.**

I. Das Gehörorgan der Fische und Amphibien. Mit 35 Tafeln. Stockholm 1881. Preis: 100 Mark.
II. Das Gehörorgan der Reptilien, der Vögel und der Wirbelthiere. Mit 39 Tafeln. Stockholm 1884. Preis: 120 Mark.

BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

HERAUSGEGEBEN

von Prof. Dr. GUSTAF RETZIUS.

1. Jahrgang 1881 mit XIV Tafeln. Stockholm 1881. Preis: 12 Mark.
2. Jahrgang 1882 mit VIII Tafeln. Stockholm 1882. Preis: 12 Mark.

BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

von Prof. Dr. GUSTAF RETZIUS.

Neue Folge, I. Mit 18 Tafeln.

Inhalt: 1. Zur Kenntniss des Nervensystems der Crustaceen. 2. Muskelfibrille und Sarcoplasma. 3. Das Magna réticulé des menschlichen Eies. 4. Ein s. g. Caudalherz bei Myxine glutinosa. 5. Ueber die Ganglienzellen der Cerebrospinalganglien und über subcutane Ganglienzellen bei Myxine glutinosa.

Stockholm 1890. Preis: 36 Mark.

Neue Folge, II. Mit 16 Tafeln.

Inhalt: 1. Zur Kenntniss des centralen Nervensystems der Würmer. 2. Zur Kenntniss des centralen Nervensystems von Amphioxus lanceolatus. 3. Zur Kenntniss des centralen Nervensystems von Myxine glutinosa.

Stockholm 1891. Preis: 30 Mark.

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 00153742 2
nhanth fQH9.R44 1890
v. 3 Biologische Untersuchungen,